



**SARA FILIPA ALVES  
PINA DA SILVA**

**INTEGRAÇÃO E ADAPTAÇÃO DO SAP E  
INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DE MANUTENÇÃO  
INDUSTRIAL NO GRUPO BOSCH  
TERMOTECNOLOGIA, S.A.**



**SARA FILIPA ALVES  
PINA DA SILVA**

**INTEGRAÇÃO E ADAPTAÇÃO DO SAP E INDÚSTRIA  
4.0 NA ÁREA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NO  
GRUPO BOSCH TERMOTECNOLOGIA, S.A.**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Mestre Miguel Oliveira, Professor assistente convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Aos meus pais.

## **o júri**

Presidente

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira  
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Doutora Maria Isabel Calapez Cabrita Leal Seruca  
Professora associada da Universidade Portucalense

Orientador

Prof. Mestre Miguel da Silva Oliveira  
Professor assistente convidado da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Aos meus pais, por todo o apoio ao longo do curso, ao meu orientador, o Professor Miguel Oliveira pela sua ajuda e orientação, à equipa de manutenção, que tive o prazer de fazer parte e, aos meus amigos, por toda a ajuda e apoio durante o curso.

## palavras-chave

Manutenção, Indústria 4.0, SAP, Implementação de sistema

## resumo

O presente documento resulta do trabalho realizado ao longo dos projetos desenvolvidos na empresa Bosch Termotecnologia, S.A. A Bosch procura adaptar a sua área de manutenção para exercer um melhor trabalho através de aplicação de um sistema integrado personalizado (SAP PM) e Indústria 4.0 a suportar e melhorar as suas intervenções de manutenção.

O objetivo do projeto denominado *Smart Press* consistiu em começar a aplicar Indústria 4.0 numa máquina piloto na manutenção. De forma a atingir este propósito, foram analisados detalhadamente os problemas da máquina em causa, e, posteriormente, foram propostas ações de adaptação e medidas de acompanhamento para passar a adotar manutenção preditiva e formas de trabalhar mais inteligentes, um trabalho de Indústria 4.0. Por outro lado, o objetivo do SAP PM consiste em preparar a construção do SAP aplicado à manutenção. Para isto, fez-se a recolha, análise e segmentação dos dados existentes e após analisar os processos e necessidades da área relativamente ao sistema, criou-se um conjunto de requisitos e plano de testes para se implementar o SAP PM.

Através do trabalho desenvolvido nestes projetos, a Bosch Termotecnologia deu início a uma forma de trabalho inteligente na manutenção, sendo que inicia assim a aplicação de Indústria 4.0 e de um sistema integrado na manutenção, que servirá como piloto para outras empresas do grupo Bosch.

**keywords**

Maintenance, Industry 4.0, SAP, System implementation

**abstract**

This paper has been built during my academic project associated to EGI master. This work has been developed in Bosch Termotecnology, SA. Bosch Company is always looking for improvement and invest in innovation in order to update the maintenance department. This company works in modernization of machines and productive process with implementation of a customized integrated system (SAP PM) and Industry 4.0 supporting and improving its maintenance activities.

Smart Press goal is to begin to develop and work with Industry 4.0 in a maintenance beta test machine. According this goal we analyzed accurately all problems of our machine. After last phase, we presented a roadmap of tasks, activities and measures in order to improve maintenance processes, according to our vision and plan of Industry 4.0. On the other hand, the SAP PM goal is based on preparing a SAP module oriented for Maintenance. So, we collected, analyzed and organized all data. After this, we analyzed all processes and the system needs, creating a set of requirements and test plans for create, develop and implement our SAP PM.

Through the developed work in these projects, Bosch Termotecnology started an intelligent work in the maintenance, beginning, this way, the application of

4.0 industry and the application of an integrated system in the maintenance, that will serve as a pilot to other Bosch companies.





## ÍNDICE

1. introdução	1
1.1. Enquadramento do projeto	2
1.2. Apresentação da empresa Grupo Bosch	3
1.2.1. Equipa de manutenção	4
1.3 Objetivos	5
1.4. Metodologia	5
1.5. Organização do relatório de projeto	6
2. Estado da Arte	9
2.1. Manutenção	10
2.1.1. Definição de manutenção	10
2.1.2. Importância da manutenção	11
2.1.3. Tipos de manutenção	12
2.1.3.1. Manutenção corretiva ou curativa	13
2.1.3.2. Manutenção preventiva	13
2.1.3.2.1. Manutenção preventiva sistemática	14
2.1.3.2.2. Manutenção preventiva condicional	14
2.1.3.3. TPM – <i>Total Productive Maintenance</i>	14
2.1.3.4. Manutenção Autónoma	14
2.1.4. Indicadores de Desempenho	15
2.1.4.1 Introdução aos indicadores de desempenho	15
2.1.4.2 MTTR ( <i>Mean Time to Repair</i> )	16
2.1.4.3 MTBF ( <i>Mean Time Between Failures</i> )	16
2.1.4.4 MWT ( <i>Mean Waiting Time</i> )	17
2.1.4.5 Disponibilidade	17
2.1.4.6 Taxa de Avarias ( $\lambda$ )	17
2.1.4.7 OEE ( <i>Overall Equipment Efficiency</i> )	18
2.1.4.8 Custo de manutenção por unidade produzida	19
2.1.4.9 Manutenção preventiva relativa à manutenção total	19
2.2. Indústria 4.0	20
2.2.1. Introdução à Indústria 4.0	20
2.2.2. CPS - Uma tecnologia emergente	21
2.2.3. IoT ( <i>Internet of Things</i> )	22
2.2.4. Indústria 4.0 na manutenção	24
2.2.5. Indústria 4.0 em processos de modelação de chapa	25

2.3. Sistema de informação	26
2.3.1. Definição de sistema de informação	26
2.3.2. Sistema de Informação ERP	27
2.3.2.1. Definição, Vantagens e Desvantagens de ERPs	27
2.3.2.2. ERP - SAP	28
2.3.3. Implementação de um Sistema de Informação	28
2.3.3.1. Fases da implementação de um sistema	29
2.3.3.2. Construção de requisitos	32
2.3.3.3. JAD (Joint application Development)	33
2.3.3.4. Plano de teste	33
2.3.3.5. Após ter o sistema de informação funcional	33
2.3.3.6. Soluções de mobilidade para sistemas de informação	34
3. A manutenção na Bosch Termotecnologia SA: aplicação da Indústria 4.0 e criação do SAP PM como piloto para as outras divisões de termotecnologia	37
3.1. Criação de trabalho inteligente – Indústria 4.0	38
3.2. <i>Smart Press</i>	39
3.2.1. <i>Smart Press</i> e a aplicação de Indústria 4.0 na manutenção	39
3.2.2. Criação do processo	39
3.2.3. Análises para seleção da máquina piloto	41
3.2.4. Análise focada na prensa X	44
3.2.5. Processo <i>Smart Press</i>	47
3.2.5.1. Processo Atual Troca Ferramenta vs. Processo Futuro Troca de Ferramenta	48
3.2.5.2. Processo atual da troca de bobine vs. Processo futuro da troca de bobine	49
3.2.6. Especificação das funções dos diferentes componentes no sistema	50
3.2.6.1. Sensorização dos passos	51
3.2.6.2. Manutenção da ferramenta por nº de pancadas – através de sensores	51
3.2.6.3. Função da base de dados no projeto	51
3.2.6.4. Função do SAP PM no projeto	52
3.3. SAP PM	53
3.3.1. Processos da manutenção	53
3.3.1.1. Manutenção externa	54
3.3.1.2. Processo de reparação interna – na perspetiva do sistema	55
3.3.1.3. Manutenção curativa – não breakdown	57
3.3.1.4. Manutenção planeada	57

3.3.1.5. Manutenção autónoma	59
3.3.1.6. Requisição e levantamento de material MAZE para manutenção	59
3.3.1.7. Requisição e levantamento de material sem código MAZE	60
3.3.1.8. Devolução de material – <i>Spare Part to Return</i>	60
3.3.1.9. <i>Refurbishment</i> de peças reparadas	61
3.3.2. Requisitos do sistema	63
3.3.3. Plano de testes	64
3.3.4. Análise, segmentação e preparação dos dados mestre para o SAP PM	64
3.3.4.1. Lista de componentes para <i>kits</i> de prevenção por número de inventário	65
3.3.4.2. BOM por equipamento	66
3.3.4.3. BOM MAZE	67
3.3.4.4. Lista de equipamentos	67
3.3.4.5. Lista de ferramentas	67
3.3.4.6. Lista de localizações funcionais	67
3.3.4.7. Lista de plano de manutenções	68
3.3.4.8. Lista de tarefas por plano de manutenção	68
3.3.4.9. Catálogo de avarias	68
3.3.4.10. Centros de trabalho	69
3.4. <i>Tablet solution</i> para a manutenção – solução de mobilidade	69
3.4.1. Desenho da sugestão de interface para o <i>tablet solution</i>	70
3.5. Visão geral do projeto e exemplo de aplicação no dia a dia	78
4 Etapas Futuras e Sugestões de melhoria	81
4.1 <i>Smart Press</i>	82
4.2 Projeto SAP PM e <i>Tablet Solution</i>	83
5. Conclusão	87
5.1. Reflexão sobre o projeto	88
5.2. Dificuldades encontradas	89
5.3. Projeto e aspectos positivos	90
6. Bibliografia	93
7. Webgrafia	99
8. Anexos	103
Anexo 1: Plano de testes manutenção curativa	104
Anexo 2: Componentes para <i>KITs</i> de intervenção	105
Anexo 3: BOM MAZE	105
Anexo 4: Lista de equipamentos	106
Anexo 5: Lista de ferramentas	106

Anexo 6: Lista planos manutenção	107
Anexo 7: Lista tarefas por plano de manutenção	107
Anexo 8: Requisitos manutenção preventiva	108
Anexo 9: Requisitos manutenção autónoma	108
Anexo 10: Requisitos manutenção externa	108
Anexo 11: Requisitos <i>reporting</i>	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Bosch Termotecnologia SA (Bosch Portugal, 2016)	4
Figura 2- Componente técnica vs. componente gestão (Pinto e Nascif, 2001)	10
Figura 3- Classificação da manutenção (European Standard EN 13306)	12
Figura 4- Etapas da melhoria contínua (Cabral, 2006)	16
Figura 5- Curva da banheira ( Xenos, 1998)	17
Figura 6- Camadas de IoT (Trappey et al., 2016)	22
Figura 7-- Representação da hierarquia de conceitos fase, tarefa e actividade (Silva e Videira, 2001)	29
Figura 8- Fases e tarefas do processo desenvolvimento de <i>software</i> (Silva e Videira, 2001) .	30
Figura 9- Constituição do SDLC (Valacich et al., 2012)	31
Figura 10- Criação de trabalho inteligente - Indústria 4.0	38
Figura 11- <i>Golden circle</i> relativo ao projeto <i>Smart Press</i>	39
Figura 12- Tempo de reparação por prensa (2016)	41
Figura 13- Custo de material da manutenção por prensa (2016)	42
Figura 14- Custo em manutenção de ferramentas por prensa	42
Figura 15- Gasto em ferramentas / tipo de manutenção	44
Figura 16- Tempo em ferramentas / tipo de manutenção	44
Figura 17- Distribuição de tempo manutenção - prensa X	45
Figura 18-Distribuição de custo manutenção - prensa X	45
Figura 19- Macroprocesso da mudança de produção	47
Figura 20 - Processo atual da troca de ferramenta vs. Processo futuro da troca de ferramenta	48
Figura 21- Processo atual da troca de bobine vs. processo futuro da troca de bobine	49
Figura 22- Relação entre ferramentas e transmissão de dados	50
Figura 23- Relação entre prensa, sistema e passagem de informação	52
Figura 24- Gráfico representativo de um exemplo de ajuste de manutenção	53
Figura 25- Manutenção externa	54

Figura 26- Processo de reparação interna	56
Figura 27 - Manutenção planeada	58
Figura 28- Requisição e levantamento de material sem código MAZE	60
Figura 29- Devolução de material – <i>Spare Part to Return</i>	61
Figura 30- Refurbishment de peças reparadas	62
Figura 31 - Componentes planeados para o SAP	65
Figura 32- Interface inicial <i>Tablet solution</i>	70
Figura 33- Menu inicial	70
Figura 34- Lista ordens	71
Figura 35- Ordem	71
Figura 36- Requisição técnico auxiliar	72
Figura 37- Adicionar material	73
Figura 38- Documentação	74
Figura 39- BOM material do equipamento	74
Figura 40- Lista spare parts	75
Figura 41- Documentação técnica	75
Figura 42- Documentação técnica ( exemplo PDFs para esquema elétrico)	76
Figura 43 - Lista requisições	76
Figura 44- Plano manutenção preventiva	77
Figura 45- Opção ajuda	77

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Adaptado de outputs esperados de cada fase do SDLC (Dennis et al., 2012)	32
Tabela 2- Criação de um roadmap para o projeto .	40
Tabela 3- Valor de OEE e seus fatores por prensa	42
Tabela 4-Problema “ <i>versus</i> ” solução	45
Tabela 5- Requisitos referentes ao processo de manutenção curativa	63
Tabela 6- Componentes para <i>KITs</i> de intervenção	66
Tabela 7 - BOM por número de inventário	67
Tabela 8- Localização funcional	68
Tabela 9- Catálogo de Avarias	69
Tabela 10- Centros de Trabalho	69

## SIGLAS

AvP - Fábrica de Aveiro

BOM – *Bill of materials* ( Lista de materiais)

CPS - *Cyber Physical System* (Sistema Ciber- Físico)

EA – *Enterprise Architecture* (Arquitetura Empresarial)

EI – *Enterprise Integration* (Integração Empresarial)

ERP – *Enterprise Resource Planning* (Sistema de Gestão Empresarial)

I4.0 - Indústria 4.0

ICT – *Information and Communication Technology*  
(Tecnologia de Informação e Comunicação)

IoT - *Internet of Things* ( Internet das Coisas)

JAD – *Joint application Development* ( Desenvolvimento Conjunto de aplicativos)

KPI - *Key performance Indicator* (Indicador chave de desempenho)

MAZE – Armazém da manutenção

MOE – Departamento de Produção

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo médio entre falhas)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo médio de reparação)

MWT – *Mean Waiting Time* (Tempo médio de espera)

OEE – *Overall Equipment Efficiency* (Eficiência geral do equipamento)

RFID - *Radio Frequency IDentification* (Identificação por rádiofrequência)

SAP PM - *Plant Maintenance* (SAP para Gestão de manutenção)

SAP - Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados  
(Sistema Integrado de Gestão Empresarial)

SDLC – *Systems Development Life Cycle* (Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Sistemas)

PO – *Purchase Order* (Ordem de Compra)

TEF – Departamento Técnico

TEF1 – Grupo de manutenção de Máquinas e Equipamentos

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

TT – Termotecnologia



Integração e adaptação do SAP e Indústria 4.0 na área da Manutenção industrial no Grupo Bosch Termotecnologia, S.A.



# **1.Introdução**

## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento do projeto

O ambiente competitivo atual, que se caracteriza pelo aparecimento cada vez maior e mais rápido de novas técnicas e tecnologias nos processos e produtos nas empresas, gera um ambiente de grande estímulo à evolução, à criatividade. Trata-se, no fundo, de um incentivo para a adaptação aos novos recursos que vão surgindo ou para a criação pela própria empresa de novos, procurando sempre a melhor forma de corresponder às expectativas e necessidades do mercado.

A melhoria contínua nos processos e o espírito de inovação é uma realidade que pode ser experimentada de diferentes formas nas diversas áreas que constituem a empresa.

É neste contexto de transformação constante, de rápidas mudanças tecnológicas e de grande inovação (que é necessário aliar a uma diminuição dos custos), que assistimos a uma verdadeira revolução. Trata-se da incorporação de tecnologias inovadoras de informação e comunicação em processos industriais tradicionais, tornando-os inteligentes e criando uma conexão entre as coisas (conhecido como IoT – *Internet of Things*). E assim aparece o conceito Indústria 4.0 (Kagermann, Wahlster e Helbig, 2013).

Este conceito surgiu, pela primeira vez, na Feira de Hannover, em 2011, a partir de um projeto de estratégias associadas à tecnologia, do governo alemão. Esta metodologia consiste em apresentar uma Indústria numa versão muito mais inteligente, estando na vanguarda da integração do mundo físico e virtual (Alberts et al., 2016); através, por exemplo, de sensores e chips nos equipamentos que passam informação para outro *software*, onde se faz a aquisição dos dados e controlo. Consequentemente, os processos tornam-se mais eficientes, personalizados e autónomos.

A Bosch é pioneira no desenvolvimento da Indústria 4.0, reconhecendo as oportunidades que oferece, e pretende ser líder mundial nesta área.

Assim sendo, a Bosch Termotecnologia S.A. passou a implementar a Indústria 4.0 nas mais diversas áreas, incluindo a manutenção, num conjunto de máquinas piloto.

Um outro sistema já utilizado, mas que tem sido alvo de crescente interesse por parte da Bosch (devido às oportunidades que apresenta de melhoria de eficiência), é o SAP – um sistema Integrado de gestão Empresarial, criado na Alemanha, que tem como propósito integrar todos os dados e processos de uma empresa / organização num único sistema. Permite agilizar os processos nas organizações, ajudando-as a ser mais competitivas.

A Bosch usa este sistema para diferentes áreas e, em Aveiro, estabeleceu como próximo passo alargar a utilização do SAP também à manutenção, tendo como objetivo delinear o SAP aplicado à manutenção e implementá-lo, de forma piloto, noutras organizações do grupo.

Deste modo, neste projeto que é realizado na área de manutenção, com a duração de 8 meses, pretende-se aplicar a Indústria 4.0 para criar manutenção preditiva e proceder à adaptação do SAP.

A manutenção é essencial nas organizações, podendo ser fonte de vantagem competitiva, se for eficiente, inovadora e visionária, pois possibilita, entre outros fatores, a diminuição dos custos de produção.

Este projeto retrata o compromisso da Bosch com a inovação, que lhe permite alcançar a liderança e abrir novos caminhos para o futuro.

## 1.2. Apresentação da empresa Grupo Bosch

O nome do grupo advém do seu fundador, Robert Bosch (1861-1942). Robert Bosch, em novembro de 1886, inaugurou, em Estugarda, a sua primeira oficina (Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica), inicialmente com apenas dois funcionários. A Oficina Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica deu origem a um dos maiores grupos industriais da Alemanha e num grande grupo multinacional, reconhecido pela qualidade dos produtos, inovação constante e orientação para o cliente (os três pilares que o grupo defende). É com estes princípios - associados a uma grande e rápida produção - que o grupo consegue obter lucros, crescer e continuar a ter sucesso ao longo do tempo. Hoje em dia, o Grupo Bosch está presente em quatro Continentes (e em mais de 50 Países).

A Fundação Robert Bosch detém 92% do grupo Bosch e este continua a ter a seu cargo atividades sociais, como estipulou o seu fundador. A Fundação investe assim os seus fundos para apoiar atividades interculturais, sociais e investigação médica.

O grupo Bosch mantém também os seus valores desde a época da sua fundação. Estes estão presentes na forma de trabalhar e mindset estimulado nos seus colaboradores. Constituem valores da Bosch:

- Futuro e Foco no Resultado;
- Responsabilidade;
- Iniciativa e Determinação;
- Abertura e Confiança;
- Credibilidade, legalidade;
- Diversidade Cultural.

O grupo está muito associado à indústria automóvel e à produção de eletrodomésticos. No entanto, a Bosch é também reconhecida por outro tipo de produtos e serviços como, por exemplo, tecnologia de embalagem, ferramentas elétricas, sistema de segurança e termotecnologia, que é a área onde se insere a empresa onde se desenvolveu o projeto deste trabalho (a Bosch Termotecnologia S.A.).

### **Bosch Termotecnologia, S.A.**

A Bosch Termotecnologia S.A. iniciou a sua atividade em Cacia, em 1977, sob a designação Vulcano Termodomésticos S.A., com base num contrato de licenciamento com a Bosch. Ao utilizar a mesma tecnologia que o Grupo Bosch, assim como uma clara estratégia de vendas e assistência pós-vendas, rapidamente a tornou líder do mercado nacional de esquentadores (Bosch.pt, 2017).

Em 1992, torna-se líder europeu e terceiro produtor a nível mundial no mercado de esquentadores e, em 1995, inicia a sua produção de caldeiras.

Até 1998, a empresa era constituída por um capital totalmente nacional, ano no qual o grupo Bosch adquire a maioria do capital e esta passa a integrar uma divisão de termotecnologia do grupo, ocorrendo transferência de competências e equipamento, o que leva a um início de especialização desta empresa dentro do grupo. Em 2007, inicia a produção de soluções solares de aquecimento de água (Vulcano.pt, 2017).

Atualmente, é a responsável pelas empresas do grupo que fabricam produtos com tecnologia de aquecimento de águas, tendo a incumbência da conceção e desenvolvimento de novos aparelhos, a sua produção e comercialização. Na sua visão está o objetivo de ter uma posição de liderança mundial em aquecimento de águas, através da inovação e rentabilidade, e na sua missão a satisfação do cliente (Vulcano.pt, 2017).

Desta forma, os produtos da Bosch Termotecnologia S.A. são aparelhos para produção de água quente e sistemas de aquecimento. Estes estão associados a marcas internacionais com grande prestígio na área de termotecnologia, como a Bosch, Buderus e Junkers, bem como marcas regionais relevantes nesta área como, por exemplo, a Vulcano, que é apenas comercializada em Portugal (Bosch.pt, 2017).

### **Organização da BOSCH Termotecnologia S.A.**

A Bosch Termotecnologia S.A. em termos de infraestruturas está dividida em três grupos: Administração (que coordena todos os projetos, atividades relacionadas com a divisão de termotecnologia e os recursos da empresa), Desenvolvimento (onde se foca a investigação, inovação, criação de novos produtos ou melhoramento dos atuais para responder às expectativas e necessidades do mercado) e Produção (dedicada à fabricação, onde colaboradores diretos e indiretos trabalham com a gestão relacionada ao chão de fábrica, dos recursos disponíveis, e procuram assegurar a produção e melhorar cada vez mais processos associados). Estes três grupos trabalham em sintonia para que tudo funcione da melhor forma.

É dentro de um dos principais departamentos, o Departamento Técnico (AvP/TEF), que está inserida a equipa onde foi desenvolvido o projeto apresentado - a equipa de manutenção.



Figura 1 - Bosch Termotecnologia SA (Bosch Portugal, 2016)

#### **1.2.1. Equipa de manutenção**

A equipa de manutenção é constituída por três grupos: manutenção curativa de equipamentos, manutenção preventiva de equipamentos e ferramentaria (na qual se faz manutenção curativa e preventiva de ferramentas dos equipamentos). Nas equipas de manutenção de equipamento há colaboradores de diferentes áreas como, serralharia, elétrica e mecânica. Ainda dentro da equipa da manutenção existe uma equipa que trabalha num armazém em que o principal objetivo é gerir e fornecer material para os trabalhos de manutenção, sempre que é necessário, designada a partir de agora, como MAZE (armazém da manutenção).

O grupo onde se desenvolveu um dos projetos foi no grupo da manutenção preventiva de equipamentos, onde se trabalhou no projeto de aplicação da Indústria 4.0 na manutenção e o projeto do SAP PM adaptado para ser usado por toda a área de manutenção, cujos objetivos irão ser apresentados de seguida.

### 1.3. Objetivos

O objetivo principal deste projeto é melhorar a área da manutenção da empresa, pela transição para manutenção preditiva através da Indústria 4.0 e criação de um SAP aplicado à manutenção, que sirva como piloto para outras empresas do Grupo Bosch da área de termotecnologia.

Ora, com as alterações propostas, espera-se tornar a manutenção da empresa muito mais eficiente; conseguir diminuir os custos com a área, aumentar a produtividade e inovar os seus processos internos, tornando esta área numa vantagem competitiva para a empresa.

### 1.4. Metodologia

De forma a conseguir atingir os objetivos propostos eficazmente, será apresentada um estado da arte do tema, com o intuito de compreender a importância e o funcionamento da área de manutenção, seguindo-se a apresentação de conceitos importantes para o projeto (designadamente Indústria 4.0 e Sistema de informação) e as suas aplicações, bem como uma breve abordagem a metodologias relacionadas aos temas que servirão como suporte ao mesmo.

Depois, apresenta-se a parte prática, explicando-se as três subpartes do projeto:

- *Smart Press* – trabalho de aplicação de indústria 4.0 numa prensa piloto;
- SAP PM – trabalho piloto de definição e preparação do sistema SAP para a manutenção na Bosch, na área de Termotecnologia;
- *Tablet Solution* - trabalho inicial para a criação de uma solução móvel do SAP, no qual se começou a pensar nas funcionalidades do sistema que os técnicos necessitavam ao realizar a manutenção no chão de fábrica.

Será explicada a correlação das três partes, e de seguida, para cada subparte do projeto, serão identificadas as necessidades, como se efetuou o seu planeamento, as etapas realizadas e os respetivos objetivos.

Em termos de ferramentas de apoio, na parte do *Smart Press* começa-se por aplicar o pensamento PDCA para criar um Roadmap do projeto, e inicialmente faz-se análises para definir os problemas a colmatar, seguindo-se de soluções para estes, com aplicação de Indústria 4.0. No SAP PM, seguiu-se a lógica SLDC ( explicada no estado da arte) e em relação ao *Tablet Solution* procurou-se partir das funcionalidades do SAP PM e apresentar-se as que os técnicos precisam no dia-a-dia, no chão de fábrica.

## **1.5. Organização do relatório de projeto**

O relatório deste projeto divide-se em cinco capítulos gerais, de forma a que qualquer leitor possa ter uma visão organizada do trabalho.

O primeiro capítulo tem como objetivo contextualizar o problema e explicar a motivação para este projeto. Apresenta também a empresa onde decorreu e mostra a forma como o trabalho foi organizado, expondo a metodologia aplicada e objetivos.

O segundo capítulo é dedicado ao estado da arte, abordando a base teórica do projeto, sendo apresentados diferentes tópicos, como a manutenção, Indústria 4.0, criação de um sistema de informação e sistemas ERP.

O terceiro capítulo é dedicado à análise da situação atual da empresa e à apresentação das três partes do trabalho desenvolvido (situação inicial, o que se desenvolveu e próximos passos).

No quarto capítulo indicam-se as próximas etapas das diferentes partes do projeto e sugestões futuras.

Por fim, na conclusão, faz-se uma análise sobre o projeto desenvolvido.







## **2.Estado de Arte**

---

## 2. Estado da Arte

### 2.1. Manutenção

#### 2.1.1. Definição de manutenção

A manutenção é um conjunto de todas as ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas ou instalações, sendo feitas intervenções nas oportunidades e com alcances certos, de forma a que não avariem ou baixem de rendimento e, caso isso aconteça, sejam repostas ao seu estado de funcionalidade da forma mais breve possível a um custo otimizado (Cabral, 2009).

Segundo Pinto e Nascif (2001), a função de manutenção é constituída por uma componente de gestão e por uma técnica, sendo que as proporções referentes a estas componentes devem variar consoante a dimensão da empresa.

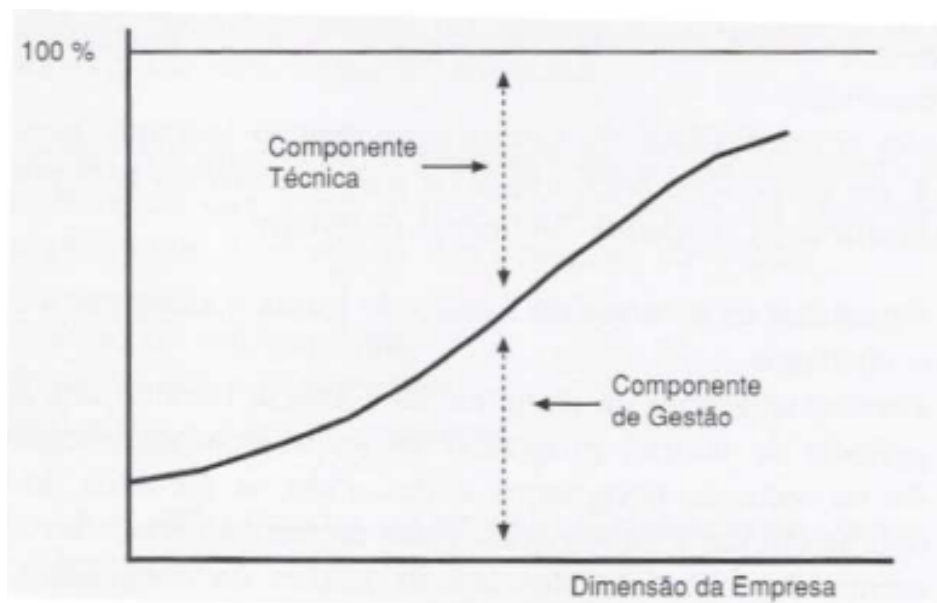


Figura 2 - Componente técnica vs. componente gestão (Pinto e Nascif, 2001)

Segundo a figura 2, quanto maior a dimensão da empresa, maior deve ser a componente de gestão. Isto porque uma pequena empresa, com poucos recursos, tem proporcionalmente uma necessidade de manutenção menor, mas à medida que a empresa cresce a manutenção trabalha com um maior número de recursos, levando a uma necessidade crescente da componente de gestão (Pinto e Nascif, 2001).

Pinto e Nascif (2001) referem outro fator importante a ter em conta: a manutenção deve deixar de ser apenas eficiente e tornar-se também eficaz, no sentido que não basta reparar o equipamento ou instalá-lo rápido, mas fundamentalmente conseguir garantir que o equipamento esteja disponível para operação, evitando falhas e reduzindo riscos de paragens não planeadas.

De uma forma sucinta, pode-se dizer que a manutenção engloba quaisquer ações que alterem o produto ou sistema de forma a manter as condições operacionais ou, em caso de falha, voltarem às condições operacionais (Duffuua, Raouf, e Campbell, 1999).

Outros autores referem ainda que a manutenção tem procurado novos modos de pensar técnicos e administrativos, de forma a corresponder às exigências de mercado e colmatar as limitações atuais dos sistemas de gestão (Marcorin e Lima, 2003).

Assim, uma vez que a manutenção está relacionada com o evitar ou resolver a falha / paragem do equipamento é também importante que esteja inerente à função desta conhecer e dominar os processos de falhas e procurar saber quando, onde e como a manutenção deve intervir da forma mais antecipada e controlada possível (Duffuaa, Raouf, e Campbell, 1999).

### **2.1.2. Importância da manutenção**

A manutenção é uma área crítica e de extrema importância uma vez que para qualquer indústria produzir, a fim de gerar lucro, necessita que a produção flua e se reduza ao máximo produtos com falhas. Por esse motivo, associa-se primeiramente a área de manutenção à disponibilidade dos equipamentos para produzir, de acordo com o previsto. De facto, é esta área que trabalha para a maior disponibilidade dos equipamentos, de forma a que estes produzam, de acordo com a produtividade planeada e assim se cumpram os objetivos de fabrico (Ferreira, 1998).

Nesse sentido, a manutenção trabalha também para o aumento da qualidade, flexibilidade e eficácia de recursos, contribuindo para a estratégia e para a competitividade da empresa.

Segundo a perspetiva de Pinto (1994), a importância da área de manutenção mostra-se de acordo com 3 pilares:

- Importância a nível económico – é o mais direto e deve-se ao facto de depender da manutenção atingir o rendimento máximo dos investimentos feitos nos equipamentos, trabalhando para prolongar a sua vida útil e serem o mais produtivo possível. É importante também tentar reduzir desperdícios, rejeições ou reclamações associadas ao processo e/ ou produto da organização.
- Nível legal - há a necessidade de prevenir situações de carácter inseguro, que possam ser considerados potenciais riscos de acidentes, assim como, evitar o incómodo através do ruído, fumo ou cheiros e a poluição.
- Questões sociais - defende que a adoção de medidas de manutenção adequadas pode ser também uma forma de preservação da imagem da empresa.

É importante também referir que os objetivos da manutenção devem estar alinhados com os objetivos globais da empresa, já que ambos se relacionam com a rentabilidade do processo produtivo, volume, qualidade e custo associado. E, apesar da manutenção contribuir para a disponibilidade e desempenho dos equipamentos, constitui custo para a empresa. Igualmente, deve-se encontrar o ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo que maximize o contributo da manutenção para o desempenho produtivo da empresa (Sazuki, 2010).

### 2.1.3. Tipos de manutenção

De acordo com as circunstâncias e características de cada indústria são usados vários processos de manutenção. Todavia, não existe consenso entre os diversos autores quanto à classificação dos tipos de manutenção.

Segundo Blischke e Murthy (2003) existem dois tipos base de manutenção: a manutenção preventiva e corretiva.

Cabral (2009) divide a manutenção entre 3 grandes grupos: preventiva (sistemática e condicionada), corretiva (intrínseca e extrínseca) e de melhoria.

De acordo com Frank Booty (2003), a manutenção divide-se em 2 grandes grupos: a planeada (que pode ser programada, preventiva ou cíclica) e não planeada (que pode ser reativa, resposta normal ou de emergência).

Já segundo Pinto e Nascif (2001), existem 4 principais tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e engenharia de manutenção.

Segundo a norma europeia podem considerar-se duas classes base de manutenção: Corretiva e Preventiva, dependendo das razões que levem a cabo cada uma delas.

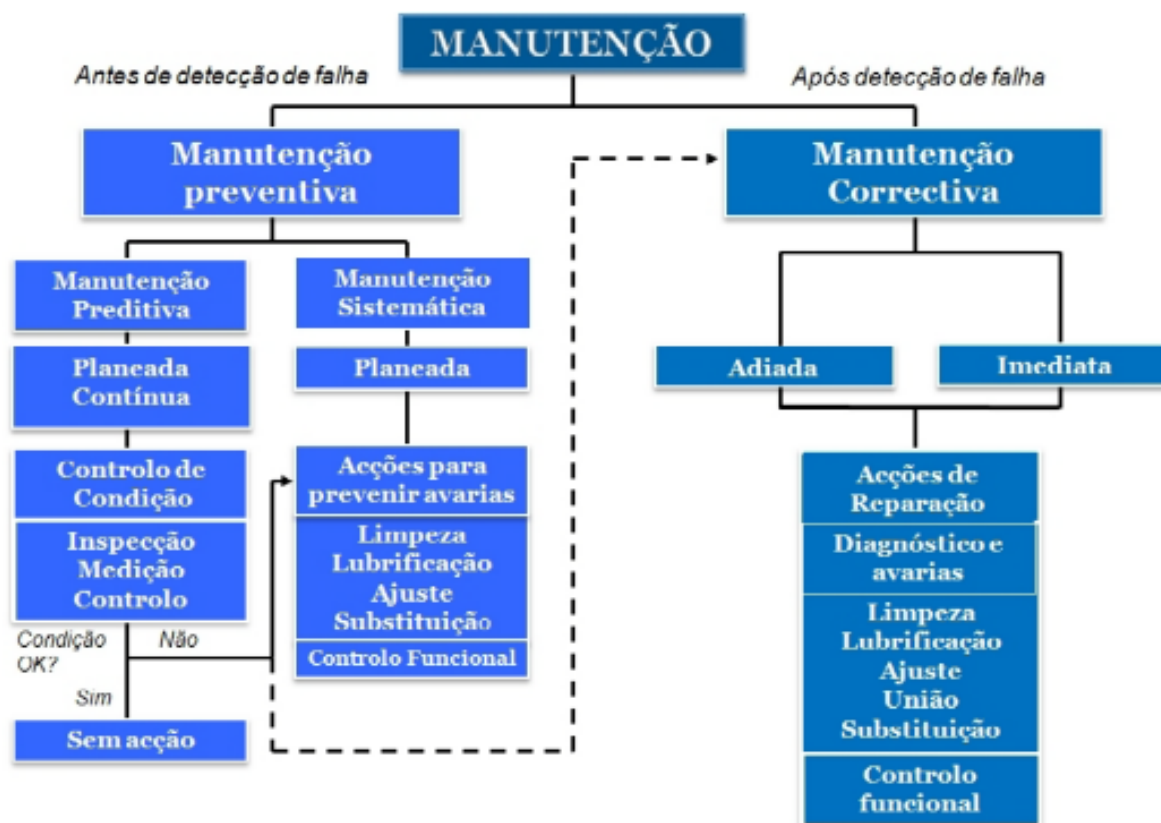


Figura 3 - Classificação da manutenção (European Standard EN 13306)

Estes foram alguns exemplos de diferentes perspetivas de classificação de manutenção, no entendimento destes autores. Em virtude da divergência de classificações, considerou-se a classificação usada pela norma europeia.

Seguidamente apresenta-se, de forma detalhada, cada um dos tipos de manutenção: manutenção corretiva ou curativa, preventiva (sistemática e condicional), TPM (*Total Productive Maintenance*) e a manutenção autónoma.

### 2.1.3.1. Manutenção corretiva ou curativa

A manutenção corretiva, também denominada por curativa, é a manutenção mais básica e antiga. Consiste em fazer manutenção aquando da existência de uma avaria ou quando um equipamento apresenta índices de *performance* abaixo do esperado. É uma manutenção não planeada, que atua de forma a restaurar o produto ou sistema em falha do seu estado funcional, o que envolve reparar ou repor os componentes ou partes que levaram ao problema de forma a resolvê-lo e restabelecer-se o seu estado operacional (Blischke e Murthy, 2003).

Neste tipo de manutenção só se interfere quando ocorre um problema; quando não há registo de anomalias, não há intervenção. Trata-se da manutenção que exige menos custos, até haver necessidade de intervenção. No entanto, quando há, é a que se traduz em custos maiores, uma vez que a rutura no processo de produção pode implicar a necessidade dos técnicos necessitarem de mais horas de trabalho, de forma a resolver o mais rápido possível. Verifica-se ainda uma diminuição do tempo de vida útil da máquina e implica ter um elevado número de peças sobresselentes para o caso de ocorrer uma avaria (Bardey, Riane, e Eeckhoudt, 2005).

### 2.1.3.2. Manutenção preventiva

Blischke e Murthy (2003) consideram, por outro lado, a preventiva como uma manutenção planeada que consiste em ações, de menor ou maior tempo / esforço que aumentam a vida funcional do equipamento ou sistema e tentam evitar que o mesmo falhe. Algumas das ações podem consistir, por exemplo, em inspeções, reformas, troca de peças, lubrificação das máquinas, entre outras.

Tal representa uma manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável de ocorrer a falha (Monchy, 1989).

Antigamente, a norma era a utilização dos equipamentos de forma exaustiva até estes terem graves problemas de desempenho ou avariarem e pararem. Esta política levou a imensas falhas graves e significativas para as empresas, que as levou a optar por manutenções periódicas em datas previamente planeadas (Palmeira e Tenório, 2002).

Segundo Cabral (2009), a manutenção preventiva é “manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento de um bem”. Esta divide-se em duas subcategorias: manutenção Preventiva Sistemática e Preventiva Condicional.

A nível de custos, esta tipologia requer maior investimento, dado que se não for corretamente implementada alguns componentes de equipamentos podem ser substituídos antes do tempo ou sem necessidade. No entanto, a existência desta manutenção preventiva é essencial de forma a garantir o bom funcionamento dos sistemas ou equipamentos, e para que este tipo de manutenção seja bem efetuado é necessário investir num bom planeamento e definir bem a periodicidade com que é feita (Bardey, Riane, e Eeckhoudt, 2005).

Desta forma, as indústrias atuais não devem deixar de aplicar a manutenção preventiva, sob risco de ao recorrerem apenas à curativa aquando de um problema não terem margem de segurança para cumprir os planos de produção (Bardey, Riane e Eeckhoudt, 2005).

A manutenção preventiva divide-se em: condicionada e sistemática. Ambas são planeadas, no entanto na sistemática o planeamento é feito apenas baseado em tempos pré-determinados; enquanto na manutenção preditiva o planeamento é construído com base nos resultados de avaliações contínuas e metódicas, sendo um processo mais refinado (Cortois, Martin e Pillet, 2007).

#### **2.1.3.2.1. Manutenção preventiva sistemática**

Cabral (2009) considera que neste tipo de abordagem planeiam-se manutenções de forma periódica, mas sem qualquer controlo prévio do estado do equipamento, assumindo que as falhas ocorrem de modo mais ou menos previsível. A periodicidade pode ser definida de acordo com horas de funcionamento, de produção, número de peças produzidas, (entre outras) sem ter em conta a condição atual do equipamento.

Esta manutenção comparativamente à curativa é um progresso, uma vez que ao fazer manutenção prévia do equipamento previne na maioria das vezes a avaria do mesmo. Contudo, tem como desvantagem o facto de não ter em conta o estado atual do equipamento, as condições, produtos que faz ou meio onde trabalha, o que leva com que este tipo de manutenção só seja eficaz quando o equipamento em causa é típico de desgaste, sendo que quanto maior a complexidade do equipamento menos provável é apresentar um padrão de avarias típicas de desgaste. Desta forma, esta manutenção será tão bem-sucedida quanto o rigor que for possível para determinar a periodicidade em que é necessária a manutenção (Cabral, 2009).

#### **2.1.3.2.2. Manutenção preventiva condicional**

Segundo Cabral, a manutenção preventiva condicional, também designada por preditiva, é realizada de acordo com o estado do equipamento. É uma manutenção planeada baseada no controlo de condições das máquinas, por exemplo, análise de vibrações, termografia ou rendimento, entre outras.

Os resultados deste método dependem da eficácia do controlo dos equipamentos e recursos para agirem quando necessário.

#### **2.1.3.3. TPM – *Total Productive Maintenance***

A manutenção produtiva total é um conceito japonês introduzido pela empresa Toyota que se encontra atualmente implementado em muitos países e com ótimos resultados. Consiste numa forma de manutenção preventiva em que se envolvem todos os colaboradores da empresa, desde o topo de gestão até os operadores de máquinas e também se tem em conta o ciclo de vida útil dos equipamentos (Nakajima, 1989).

O mesmo autor considera ainda que este tipo de manutenção tem como objetivo maximizar a eficiência global do equipamento levando a:

- Aumento da disponibilidade das máquinas;
- Aumento da fiabilidade;
- Redução de desperdícios;
- Eliminação das falhas.

#### **2.1.3.4. Manutenção Autónoma**

Palmeira e Tenório (2002) consideram que a manutenção autónoma é a manutenção constituída por atividades da responsabilidade das equipas TPM nas secções fabris. Esta é constituída por atividades de limpeza, inspeção, lubrificação, pequenos ajustes e medições.

Estas atividades são de extrema importância para alcançar os objetivos da TPM, objetivos como: zero avarias, aumento de motivação, incremento produtividade, diminuição de defeitos, redução dos tempos de paragem de produção e aumento da fiabilidade dos equipamentos (Nakajima, 1998).

Ao envolver os operadores, tornando-os responsáveis pelo equipamento, consegue-se libertar os técnicos de manutenção destas pequenas tarefas e destinar-lhes operações mais específicas / técnicas e, por outro lado, consegue-se tirar partido do conhecimento dos colaboradores que trabalham todos os dias no equipamento (Palmeira e Tenório, 2002).

## 2.1.4. Indicadores de Desempenho

### 2.1.4.1 Introdução aos indicadores de desempenho

Segundo Caldeira (2012), os indicadores de desempenho (*Key performance Indicators – KPI*) são uma importante ferramenta de medida do desempenho da organização.

Para que possa existir um processo de monitorização de desempenho é necessária a existência destes indicadores, tornando-os um elemento crítico. A sua função é apurar o nível das realizações da organização para se comparar com os objetivos estabelecidos e perceber o desvio.

Outra característica importante dos indicadores é que estes acabam por assumir-se como uma forma de consenso, medidas aceites por todos para a quantificação objetiva dos resultados realizados, sendo que para que isto resulte é importante que a análise não possa ser facilmente subjetiva. De reiterar a importância que os indicadores sejam claros, objetivos e levem ao acordo de todos os intervenientes

Booty, Wustemann, Taylor, e Benham (2003) concluíram que também é importante que os indicadores de desempenho da manutenção estejam de acordo com os indicadores da produção e, para isso, devem-se considerar três critérios para se decidir que aspetos da manutenção se devem medir:

- Não devem exigir um grande esforço para se conseguir medir;
- Devem ser difíceis de manipular para parecerem que estão bem;
- Devem motivar para o comportamento correto.

Cabral (2009) defende ainda que é necessário dispor de indicadores de desempenho que permitam:

- Quantificar o que se faz;
- Estabelecer os objetivos do que se pretende fazer;
- Quantificar o que se conseguiu de facto fazer.

O mesmo autor adverte que as melhorias de manutenção passam pelo uso de indicadores, lembrando ainda que a manutenção foi das funções com reconhecimento mais tardio para a produção. Por isso, também representa oportunidades de melhoria a nível técnico, de gestão ou de motivação.

Outra importante referência do mesmo autor é a indicação para o facto do uso de indicadores só fazer sentido numa manutenção organizada que consiga fornecer informação fiável.

Caso não seja esta a situação, o primeiro passo deverá ser a organização desta informação e, de seguida, seleccionar então indicadores que permitam análises confiáveis e que depois possam ser usados para projetos de melhoria futura.

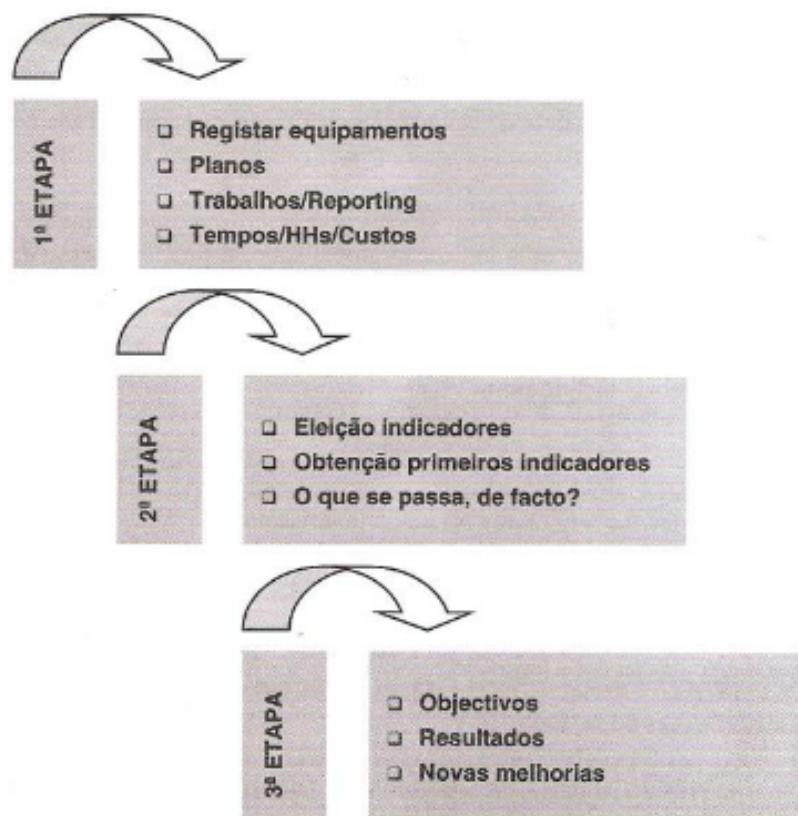


Figura 4- Etapas da melhoria contínua (Cabral, 2006)

Tendo em conta a importância de ter indicadores de desempenho, a necessidade de haver dados fiáveis para nos guiarmos por esses indicadores e como se devem seleccionar os indicadores considerando a área em estudo (manutenção), iremos de seguida apresentar alguns dos mais utilizados.

#### 2.1.4.2 MTTR (*Mean Time to Repair*)

Indicador que corresponde ao tempo médio utilizado para proceder à reparação de um equipamento e calcula-se dividindo o somatório dos tempos de reparação num determinado período pelo número de avarias ocorridas nesse mesmo período (Wireman, 2005).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{total de horas de sistema parado ocasionado por falhas}}{\text{número de falhas}}$$

#### 2.1.4.3 MTBF (*Mean Time Between Failures*)

Indicador que corresponde ao tempo médio entre falhas, ou seja, o tempo decorrido entre duas avarias consecutivas (fim da última falha e início da próxima), entre o tempo que o equipamento devia estar a produzir. É um indicador claro para perceber se o equipamento está dentro dos parâmetros estabelecidos ou não (Wireman, 2005).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{tempo total de funcionamento correto em um período}}{\text{número de falhas}}$$



#### 2.1.4.4 MWT (Mean Waiting Time)

MWT é um acrónimo utilizado para contabilizar o tempo de reação de uma equipa de manutenção a uma avaria. Calcula-se através da divisão do somatório dos tempos de espera num dado período de tempo pelo total de avarias ocorridas nesse mesmo período (Nakagawa, 1980).

$$MWT = \frac{\sum TDE_i}{N_{av}} \text{ (horas)}$$

Sendo,

$\sum TDE_i$  = Somatório dos tempos de espera de atendimento, em horas de pedidos de reparação no período em análise;

$N_{av}$  - Número de avarias = Número de reparações (intervenções corretivas) realizadas no período em análise.

#### 2.1.4.5 Disponibilidade

A disponibilidade de um equipamento corresponde à percentagem de tempo em que o equipamento está em condições de produzir o esperado e estabelecido. Calcula-se através da divisão entre o MTBF e o somatório do MTBF com o MTTR e o MWT (Rosiński, 2012).

$$MTBF = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT}$$

#### 2.1.4.6 Taxa de Avarias ( $\lambda$ )

Uma avaria ocorre quando há uma interrupção ou alteração do equipamento na produção do bem para o qual foi criado. Ao avaliar a frequência com que ocorrem avarias nos equipamentos, ao longo do seu tempo de produção, é possível ter um padrão de avaria (Xenos, 1998).

O indicador Taxa de Avarias calcula-se dividindo o número de avarias pelo tempo total de funcionamento (no caso de um equipamento).

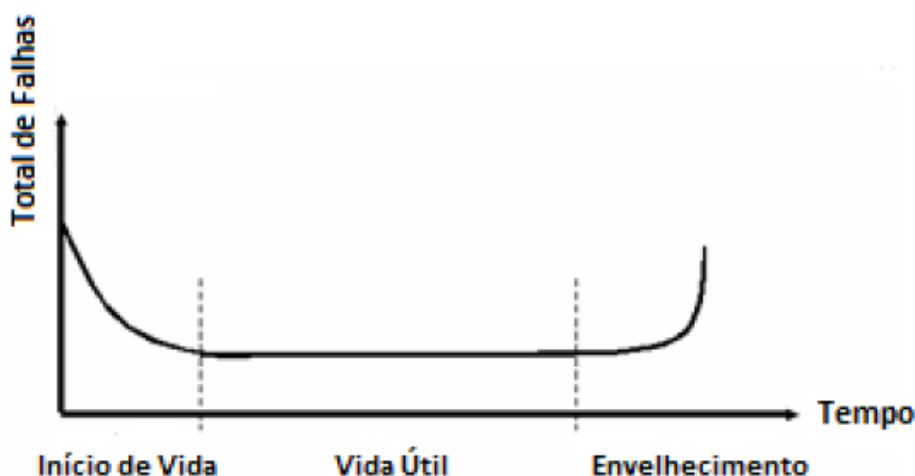


Figura 5 - Curva da Banheira (Xenos, 1998)

Segundo Xenos (1998), a curva de tempo médio de falha, também conhecida por “curva da banheira”, representa a distribuição de avarias ao longo do ciclo de vida do equipamento. Através da figura 5 podem-se identificar três fases:

- Primeira fase - designada por início da vida ou período de mortalidade infantil, apresenta uma elevada quantidade de avarias correspondentes às primeiras horas de operação. Estas devem-se, na maioria dos casos, a mau fabrico, problemas de transporte, instalação ou até falta de experiência do operador a trabalhar na máquina.
- Segunda fase - designada por vida útil ou fase de maturidade, é uma fase na qual a distribuição de avarias é constante ao longo do tempo e há uma baixa probabilidade de avariar. Nesta zona as falhas que ocorrem são essencialmente devido a limitações do próprio equipamento ou utilização não correta, avarias pontuais aleatórias e é a fase do equipamento de maior rendimento.
- Última fase - no período de desgaste ou “envelhecimento”, aproxima-se a fase final de trabalho do equipamento, a probabilidade de avaria volta a crescer e nota-se uma degradação do equipamento. Nesta fase as falhas ocorrem por norma devido ao desgaste do equipamento, uma vez que já trabalhou um longo período de tempo. É uma fase que pode colocar em causa os objetivos definidos da produção e traduzir-se em grandes gastos não só pela não produção como pela manutenção e arranjos sucessivos do mesmo. Estes fatores por norma levam à reconstrução, adaptação ou substituição do mesmo.

Estes indicadores, apresentados até ao momento, são extremamente importantes para a gestão de manutenção, possibilitando ações como a identificação de problemas ou comparações dos indicadores em diferentes períodos (Lyonnet, 1991).

#### **2.1.4.7 OEE (Overall Equipment Efficiency )**

Hansen (2005) considera que o OEE é um indicador para a eficiência global do equipamento. Este indicador tem em conta a disponibilidade (já explicada anteriormente) do equipamento, desempenho da produção e qualidade do produto. É um indicador que ajuda a entender o desempenho da produção e identificar qual a máxima eficiência possível.

O desempenho da produção, por norma, é medido de acordo com os problemas que possam ocorrer de mão de obra, qualidade e logística (Hansen, 2005).

A qualidade mede-se pela existência de peças defeituosas, sucata e ainda pelas que necessitem de reparação (Hansen, 2005).

Nakajima (1998) considera que este indicador permite também que as empresas tenham conhecimento do uso efetivo dos seus ativos, é um indicador eficaz para analisar a eficiência de uma máquina ou um sistema de produção integrado.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade} \times 100\%$$

A forma de atingir um maior OEE, ou seja, uma maior eficiência dos equipamentos é aumentando a disponibilidade do equipamento e reduzindo os produtos com defeito.

Segundo Nakajima (1998) existem seis grandes perdas nos equipamentos, que influenciam a produtividade:

- Falhas / Avarias – equipamento fica parado até que se consiga repor a condição inicial de funcionamento;
- Setups e afinações – tempo de mudança de produto;
- Pequenas paragens – paragens que em pouco tempo se percebe e resolve a causa;
- Redução de velocidade – quando a velocidade real é inferior à teórica por algum motivo;
- Defeitos / Trabalho adicional – produção de produtos não conformes, causadas pelo mau funcionamento equipamentos;
- Perdas no arranque – alguns equipamentos necessitam de um período de tempo até retomarem as condições normais na altura do arranque.

De acordo com Nakajima, os valores ideais para os componentes do OEE são:

- Disponibilidade – 90%
- Eficiência – 95%
- Qualidade – 99%
- OEE – 85%

#### **2.1.4.8 Custo de manutenção por unidade produzida**

Caldeira (2012) considera que o indicador de custo de manutenção por unidade produzida serve para perceber a dimensão e origem dos custos da produção, para que se possa perceber a margem económica dos produtos.

$$\text{Custo de manutenção por uni. produzida} = \frac{\text{Custos de manutenção totais}}{\text{Número total de unidades produzidas}}$$

É importante ainda referir que como as manutenções preventivas efetuadas em excesso permitem retirar margem à produção ou equipamentos antigos podem estar a implicar grandes custos sem retorno que os justifique, sendo sempre importante procurar o equilíbrio (Caldeira, 2012).

#### **2.1.4.9 Manutenção preventiva relativa à manutenção total**

Segundo Caldeira (2012), este indicador mostra a percentagem de custos da manutenção preventiva relativa à total, com o objetivo de saber a importância da manutenção preventiva na política global da empresa e quanto mais próximo o resultado estiver de 100% melhor será para a empresa, uma vez que isso significa uma manutenção corretiva nula ou quase inexistente e que a preventiva está a ser eficaz e a conseguir evitar surpresas, mas é importante também que esta não seja excessiva.

Este indicador calcula-se dividindo os custos de manutenção preventiva pelo total de custos de manutenção (preventiva e curativa) (Caldeira, 2012).

$$\text{Manutenção preventiva relativa à manutenção total} = \frac{\text{Custos de manutenção preventiva}}{\text{Total de custos da manutenção (preventiva e curativa)}}$$

## 2.2. Indústria 4.0

### 2.2.1. Introdução à Indústria 4.0

A globalização que se vive atualmente faz com que seja necessário atender a crescente procura mundial de bens de capital e de consumo pelo crescimento contínuo, garantindo simultaneamente uma evolução sustentável da existência humana nas suas dimensões social, ambiental e económica. Atualmente, a indústria está à procura de ser mais competitiva, reduzir custos e tentar lidar com os curtos ciclos de vida dos produtos (Miorandi et al., 2012).

Hoje em dia nos países industrializados a procura de evolução e criação de valor industrial estão moldadas pelo desenvolvimento para a quarta fase da industrialização, a chamada Indústria 4.0 (Stock e Seliger, 2016).

Segundo Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) as primeiras três revoluções industriais foram resultado da mecanização, da eletricidade e das tecnologias de informação. Agora a introdução da *Internet of Things and Services* no ambiente industrial inaugura a quarta revolução industrial – a Indústria 4.0. Esta possui um extraordinário potencial. Irá gerar novas formas de criação de valor e novos modelos de negócio, tendo um papel fundamental nalguns dos principais desafios do mundo atual: recursos e eficiência energética, produção urbana e até alterações demográficas, para além de moldar a manufatura de forma sustentável.

Alberts et al. (2016) consideram que a Indústria 4.0 contempla uma nova era de inteligência, com produção conectada, mas descentralizada, tendo como core a comunicação contínua entre pessoas, máquinas e produtos. Os principais objetivos são diminuir o custo e o tempo, aumentar a eficiência e melhorar a qualidade do produto, o que implica ter conhecimento de tecnologias assim como métodos e *tools* que tornam isto possível.

Com a Indústria 4.0 altera-se a quantidade de dados que podemos aceder e a forma como são utilizados, passando a poder estar tudo interligado, o que gerará mais dados e provavelmente também levará a um novo crescimento de utilização da web (Ferreira e Seruca, 2013).

De acordo com um grupo de peritos da Alemanha (Kagermann, Wahlster e Helbig, 2013), a Indústria 4.0 irá requerer um forte investimento em Investigação e Desenvolvimento. Este grupo de trabalho, na Alemanha, acredita que serão necessárias ações em oito áreas chave:

- Standardização e uma arquitetura de referência;
- Gestão de sistemas complexos;
- Uma extensa e alargada infraestrutura de acesso à *internet* para a indústria;
- Segurança;
- Organização do trabalho e design;
- Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo;
- Existência de um quadro legal regulatório;
- Eficiência de Recursos.

De forma a perceber melhor em que consiste a Indústria 4.0, apresentam-se, de seguida, os princípios em que esta se baseia (segundo Lu, Y. (2017)):

- 1. Interoperabilidade – habilidade ou capacidade de dois sistemas se compreenderem um ao outro e usarem as suas funcionalidades recíprocas otimizando resultado final;
- 2. Virtualização - desmaterialização de procedimentos e processos, antes físicos, passam a estar disponíveis na nuvem;
- 3. Descentralização – aumento da capacidade de descentralizar tarefas e atividades, sem perder eficiência, ou mesmo, aumentando-a;
- 4. Capacidade em tempo real – aumento da capacidade de resolver em tempo real os assuntos, devido ao acesso à informação ser quase instantâneo;
- 5. Orientação para o serviço – mais capacidade de foco nos serviços e nas necessidades dos clientes ou utilizadores;
- 6. Modularidade – maior flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas facilmente, de forma a construir uma Indústria 4.0. Existem algumas tecnologias emergentes que agem como fatores facilitadores, sendo de extrema importância, por exemplo, *Big Data*, *Cloud computing*, *CPS (Cyber Physical System)*, *ICT (Information and Communication Technology)*, *EA (Enterprise Architecture)* and *EI (Enterprise Integration)* e tecnologias de inteligência artificial. Tudo isto permite integração de uma variedade de métodos e técnicas industriais que têm sido usadas na Indústria 4.0.

Segundo Wang et al. (2016) microprocessadores e tecnologias de inteligência artificial transformaram as máquinas, tornando-as inteligentes no sentido em que estas não só têm habilidade de computação, comunicação e controlo como têm autonomia e ligação com outras. Através de *networks* industriais, os diferentes dispositivos conectam-se entre si. Já a existência de *cloud* permite uma grande capacidade de armazenamento para reunir grandes quantidades de dados de forma a ser possível fazer análises avançadas.

Vários sistemas de informação (como no caso de ERPs) permitem a centralização e recolha de dados vinda dos diferentes recursos físicos interligados entre si, e com informações acessíveis aos diferentes utilizadores através de terminais como PCs, Tablets ou telemóveis (Pintzos et al., 2014) que permitem que as pessoas tenham acesso às informações da *cloud*, estatísticas, possam adaptar as configurações, fazer manutenção ou diagnósticos, permitindo que isto seja feito até de forma remota pela *internet* (Stevenson, 2017).

### 2.2.2. CPS - Uma tecnologia emergente

A Indústria 4.0 também está muito ligada a uma tecnologia emergente – CPS (*Cyber Physical System*). Representam sistemas de automação industriais, que integram funcionalidades inovadoras através do *networking* que capacita a conexão de operações físicas com as infraestruturas de comunicação e computação, ou seja, consiste na relação do mundo físico e do mundo virtual através de tecnologia, de forma a criar uma *network* em que objetos inteligentes comunicam e interagem entre si (Lee, Bagheri and Kao, 2015).

Estas *networks* podem ser globais para máquinas, serviços e facilidades de produção e sistemas de *warehousing*. Espera-se que ofereça soluções inteligentes para transformar a operação e o papel de muitos sistemas industriais existentes, além de que o sistema CPS complexo, dinâmico e integrado irá colaborar para melhorar planeamento, análise, modelos de negócio, design e manutenção dos processos de fabricação industriais (Lu, 2017).

*Internet, data* e a possibilidade de serviços online juntam-se para permitir a existência do CPS. Os CPS, por sua vez, tornam a realidade o conceito IoT (*Internet of Things*), fazendo a Indústria 4.0 possível (Kinzel, 2016).

### 2.2.3. IoT (*Internet of Things*)

O conceito de IoT surgiu pela primeira vez em 1999, por Ashton, e consiste na revolução tecnológica na qual há uma conexão dos objetos eletrônicos utilizados no dia-a-dia (como, por exemplo, eletrodomésticos ou máquinas industriais) à *internet*, cujo desenvolvimento depende da inovação técnica dinâmica em campos tão importantes como os sensores *wireless* (que consistem na transferência de dados e informações sem a utilização de cabos e a inteligência artificial). IoT, no nível básico, consiste na conexão entre objetos físicos, por meio da *internet* que permite a interligação destes, possibilitando haver troca e recolha de informação.

Depende também de serviços melhorados, sendo que a Indústria 4.0 surge não só para criar efeito na indústria em si como replicá-lo no estilo de vida e forma de trabalhar das pessoas (Wang et.al, 2016).

A atribuição de inteligência é o fator que permite facilitar o trabalho, sendo que podemos falar de dois tipos de inteligência: algorítma (que tem a ver com ter um processo de forma a atingir um objetivo) ou tática (que é ter um processo que conta com fatores que podem ser alterados). Na Indústria 4.0 aplica-se uma inteligência tática, usando técnicas e tecnologia como IoT, *cloud computing* e *big data* (Trappey et. al., 2016).

Segundo Mzahm et al. (2013), apresenta-se como o *shift* do paradigma para *internet* e tecnologias. Estudos mostram que em 2014 o número de *devices* de IoT já tinha excedido a quantidade de população no mundo.

Enquanto no início a Indústria 4.0 era considerada uma tecnologia experimental, atualmente é uma necessidade para manter a competitividade num ambiente industrial em constantes mudanças. IoT é o core de capacidades tecnológicas que permite a passagem da Indústria 3.0 para Indústria 4.0, ao inserir inteligência nos seus produtos, processos e cadeia. I4.0 representa também a agregação de IoT, CPS, *Cloud computing*, *big data analytics* para melhorar para um estado de quase anulação de defeitos (Lu, 2017).

Segundo Trappey et al. (2016), as camadas de IoT são um dos métodos de classificação usados para ter uma framework lógica de como categorizar CPS. Existem quatro camadas, que serão explicadas de seguida:

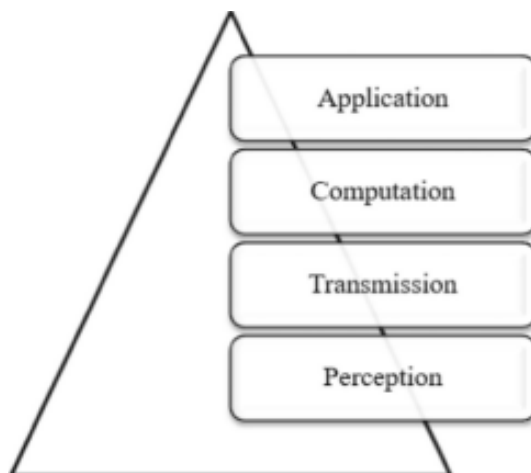


Figura 6 - Camadas de IoT (Trappey et al., 2016)

- **Percepção** – Corresponde à parte dos sensores (que é o responsável por detetar mudança nas qualidades, quantidades ou eventos, emite um *output* para o responsável pelo planeamento, por exemplo) e atuadores que ajudam o objeto físico a perceber o que for importante no caso. Exemplos comuns de uso de sensores são a deteção de temperatura, peso, vibração, humidade ou localização, por exemplo.

- **Transmissão** – Fase importante após a percepção é o armazenamento de informação e transmissão do que é percebido para as próximas fases. Para isto há um conjunto de tecnologias, estrutura e infraestrutura que são standardizadas tendo em mente o IoT.

- **Computação** – Consiste na etapa de receber a informação, processá-la, tomar decisões e enviá-las para a fase seguinte. Esta etapa necessita do *hardware*, *software*, algoritmos, *cloud computing*, *big data analyses* e segurança.

- **Aplicação** – Etapa final que implica usar a informação que foi recolhida e transmitida nas fases anteriores para criar conhecimento tático.

Relativamente à fase de percepção, há um conjunto de tecnologias que estão no centro das infraestruturas necessárias para o IoT, o que inclui sensores, circuitos, atuadores, controladores, câmaras e RFID (*Radio Frequency IDentification* - que consiste num método de identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através de dispositivos denominados por etiquetas RFID). Os sensores costumam ser divididos por categorias como, por exemplo, sensores de temperatura, humidade, deteção de luz, entre outros.

O desenvolvimento de tecnologias de *cloud computing* tem permitido às organizações recolher e analisar uma grande quantidade de dados através do uso de sensores e, simultaneamente, converter os dados em informação útil. Está também a ajudar as empresas a melhorar a relação com os consumidores, fazer o *tracking* das *tools*, fazer o *deliver* dos produtos de forma mais rápida e reduzir custos (Yang, shen e wang, 2016).

Outro conceito importante na ajuda ao planeamento e controlo do processo de fabricação, que é uma tarefa complexa, porque é influenciada por muitos fatores que têm impacto no tempo e na qualidade da entrega do produto requerido, é o conceito de *data mining*. Este consiste em aplicar técnicas de análise da relação entre dados de forma a encontrar relacionamentos e dos resultados obtidos registar e utilizar no futuro, ajudando a planear melhor de acordo com dados e interações anteriores reais (Bubenik e Horak, 2014).

Indústrias tradicionais, como mineração, por vezes têm uma necessidade de análise de dados, em tempo real. Todavia, algumas não possuem computadores e restante tecnologia para se adaptarem. Em junho de 2016, a IBM (empresa na área de tecnologia de informação) colaborou com a Cisco (companhia multinacional que oferece soluções para redes e comunicações) para se pensar em soluções de recolha e análise de dados que possam ser mais baratas (Trappey et. al., 2016).

Essas inferências ajudam a estimar que o mercado da IoT produzirá uma grande variedade de novos sensores, atuadores, controladores e circuitos, bem como suas técnicas de transmissão em conformidade com as normas e Ecossistemas do *Internet Protocol* (que consiste num protocolo de comunicação usado entre todas as máquinas em rede para encaminhar dados), para adaptação e comercialização (Trappey et. al., 2016).

Segundo Wang et al. (2016), dois fatores que advêm desta nova realidade são a produtividade e a transparência, uma vez que com a ajuda dos resultados da análise dos dados de *big data* e a ajuda na coordenação faz com que haja uma otimização do trabalho das máquinas e dos recursos, em geral, resultando em processos otimizados e num crescimento de produtividade.

Segundo Albers et al. (2016), o crescimento do uso de sensores aumenta as possibilidades de recolha de dados, recolha que vai ter um papel decisivo para desenvolver serviços industriais, como no caso da manutenção preditiva.

Uma das vantagens do controlo com maior qualidade através de indicadores ainda não está a ser atingida pelas adaptações necessárias dos sensores para as aplicações específicas, bem como a seleção complexa e métodos de análise adequados para criar os indicadores apropriados.

Com a automatização de algumas operações, há também uma redução das tarefas diárias que os trabalhadores necessitam de fazer, assim como o suporte de *big data* para análises, *software* com *tools* eficientes e *interfaces* mais *friendly* permitem que a manutenção e diagnósticos se tornem mais fáceis (Wang et al., 2016).

Outra mais valia é que, através da recolha de dados de forma inteligente e em tempo real, a informação é correta e atual, além de permitir quantificar os indicadores de *performance* das máquinas, produtos e sistemas. Estes mecanismos bastante avançados também melhoram o desempenho dos EIS (Enterprise Information Systems) e são capazes de integrar e consolidar os sistemas físicos, sistemas de decisão e sistemas de informação (Lu, 2017).

Para que tudo isto seja possível é necessário ter *hardware* e *software* inteligente, o que inclui formas de controlar partes das máquinas inteligentes, *software* de análise de dados de *big data* e sistemas de informação que sejam integrados (ERPs) (Wang et al., 2016).

#### **2.2.4. Indústria 4.0 na manutenção**

A manutenção industrial será também uma área revolucionária. Dados e informações no lugar certo e na hora certa são fatores críticos para uma nova gestão, em novas oportunidades, na área de manutenção (Kansa, 2016).

Uma manutenção preventiva eficiente é importante para assegurar a fiabilidade dos sistemas, contribuindo para reduzir as paragens não planeadas dos equipamentos e evitar defeitos de qualidade (Palmeira e Tenório, 2002).

Por norma, a manutenção planeada costuma basear-se no histórico, revelando-se inadequada. Como consequência disso, a manutenção preventiva é efetuada mais vezes do que o necessário, o que implica custos de manutenção elevados, sem necessidade (Caldeira, 2012).

Outras vezes, é feita menos vezes do que o necessário, o que faz com que não seja eficiente e continuem a ocorrer vários breakdowns, ou seja, paragens não planeadas (Upasani et al., 2017). Com isto, ocorrem as falhas que levam a grandes períodos de inatividade, o que resulta em grandes custos de reparação, uso errado dos recursos, atrasos na produção e aumento dos custos de operação.

Devido a estes fatores tem-se vindo a procurar a otimização das operações de planeamento da manutenção preventiva e, atualmente, tenta-se programar segundo técnicas de modelagem para análise, planeamento e otimização das ações de manutenção (Dekker, 1996), o que envolve interações e interdependências entre componentes, máquinas e departamentos (Nicolai e Dekker, 2008).



O facto de se utilizar uma tecnologia mais forte possibilita a existência de sistemas mais inteligentes, na antecipação de problemas, e processos produtivos também mais inteligentes, gerando uma fácil adaptação às necessidades (Kansa, 2016).

Atualmente existem métodos que recebem informação, via sensores, e reportam informações sobre acções recomendadas ao responsável pelo planeamento. Estes métodos contribuem para solucionar o planeamento dos custos de manutenção e ajudar a fazer a monitorização e controlo de Sistemas Ciber-Físicos de produção. Para isso, é necessário adotar uma nova forma de abordagem dos problemas, o que inicialmente pode não ser de fácil compreensão (Upasani et al., 2017).

Importante referir que a geração Indústria 4.0 é caracterizada por dotar de inteligência diferentes ativos individuais, os quais podem sempre evoluir para um funcionamento mais inteligente, através da aplicação de mais ou melhores sensores, atualizando componentes, design, entre outros. Investigadores estão a trabalhar, atualmente, em formas de tornar os ativos mais inteligentes, por exemplo no caso da manutenção, monitorização das condições, prognósticos e diagnósticos, assim como a inteligência artificial está a ser desenvolvida para ter mais informações sobre a vida que resta dos componentes e possibilitar um plano de manutenção mais preciso (Upasani et al., 2017).

Segundo Upasani et al. (2017), a combinação de sensores e infraestruturas de computação têm-se tornado uma realidade crescente em ambiente fabril. Com este desenvolvimento crescente, há cada vez uma maior automação das práticas industriais e uma necessidade crescente de substituir as técnicas de planeamento tradicional por outras, que capitalizem as capacidades dos sistemas CPS e da IoT.

O futuro que está a ser criado é um futuro no qual cada entidade no chão de fábrica é dotada de inteligência. Para isso, é necessário ter tecnologia que relacione os dados e auxilie na tomada de decisão (Kansa, 2016).

Um dos principais *bottlenecks* tem sido o facto das indústrias não estarem preparadas a nível de equipamentos e condições de monitorização do estado dos seus componentes críticos. Devido a isso, a maioria continua a planear a manutenção preventiva, de acordo com períodos de tempo. Como alternativa a esta forma tradicional há a possibilidade de ter os ativos físicos inteligentes, permitindo ter conhecimento e registo de histórico de falhas, reparações e custos, tornando o planeamento da manutenção preventiva mais preciso (Upasani et al., 2017).

O planeamento da manutenção é uma das atividades de gestão que deve evoluir de forma a tornar a produção mais eficiente, reduzindo o tempo com equipamentos inativos e melhorando a qualidade do produto (Upasani et al., 2017).

#### **2.2.5. Indústria 4.0 em processos de modelação de chapa**

Segundo Garcia (2005), em processos de modelagem qualquer pequeno desvio como, por exemplo, uma pequena alteração nas propriedades do material pode ser motivo para provocar defeitos, mesmo sem alterar nenhum dos parâmetros do processo. Assim, os fatores deste tipo de processo são difíceis de manter sobre controlo e muitas vezes precisam de constante adaptação e supervisão, fazendo com que os resultados fiquem muito dependentes por norma do colaborador que trabalha na máquina e seu nível de conhecimento / experiência.

A estabilidade dos processos de modelação de metal costuma ser baixa devido à grande dependência de correctos materiais e dos vários parâmetros do processo estarem adequados. É frequente aparecerem defeitos, o que reduz a produtividade dos processos. Como tal, de forma a evitar paragens não planeadas e a melhorar a fiabilidade do processo têm sido construídos e testados sistemas integrados automáticos de controlo. Este tipo de sistema é baseado, entre outros aspectos, em sensores e / ou visão artificial, podendo até usar redes neuronais para o diagnóstico e previsão dos resultados do processo, assim como dispositivos para efetuar o controlo automático, com base numa lógica / estratégia (Garcia, 2005).

Um exemplo disso é a utilização de sensores para supervisão e monitorização da qualidade dos produtos produzidos, assim como detetar defeitos em peças (Dimla, 2000).

Para processos de modelação de metal, muitos foram os esforços aplicados de forma a ter sensores a contribuir para o controlo do processo. Tal como técnicas de inteligência artificial, com sistemas especializados *fuzzy logic*, algoritmos e redes neuronais, os quais se comprovaram serem úteis no controlo de alguns aspectos, como processos complexos de produção ou no desgaste / danificação de ferramentas de sistemas de produção complexos (Garcia, 2005).

A visão artificial é outra das técnicas, a qual também é viável para a monitorização, podendo detetar, designadamente, rachaduras ou rugosidades, ajudando a manter o processo sobre controlo (Garcia, 2005).

## **2.3. Sistema de informação**

### **2.3.1. Definição de sistema de informação**

Um sistema de informação (SI) é definido como um conjunto integrado de recursos (humanos e tecnológicos), com o objetivo de satisfazer de forma adequada todas as necessidades de informação de uma organização e seus respetivos negócios (Silva e Videira, 2001).

Segundo Silva e Videira (2001) as organizações investem em sistemas de informação tendo os seguintes objetivos:

- Reduzir custos operacionais;
- Melhorar o desempenho das pessoas e máquinas;
- Satisfazer requisitos de informação dos utilizadores;
- Contribuir para a criação de novos produtos e serviços;
- Melhorar o nível de serviço prestado aos clientes atuais e facilitar a aquisição de novos;
- Melhorar e automatizar a relação com parceiros de negócio.

## 2.3.2. Sistema de Informação ERP

### 2.3.2.1. Definição, Vantagens e Desvantagens de ERPs

Os ERP são tipos de sistemas de informação desenvolvidos para integrar os diferentes departamentos, agrupando todos os dados e processos de uma empresa num único sistema e permitindo assim que a organização automatize a maioria dos processos, de forma a que todos os intervenientes possam aceder e partilhar a informação em tempo real (Azevedo e Serdeira, 2001).

OS ERP surgiram na década de 80, quando apareceram pacotes de *software* com múltiplas funções que partilhavam apenas uma base de dados. Estes pacotes de *software* ficaram conhecidos por ERP, onde se automatizava e relacionava diferentes processos internos (Snell e Dean, 1992).

Vários são os benefícios da implementação de um sistema ERP:

- Maior controlo sobre os processos - através da integração das diferentes áreas, o que leva também à redução de custos na organização;
- Estabelecimento de processos já baseados em melhores práticas reconhecidas;
- Aumento da eficiência da organização ao integrar num só sistema as diversas áreas;
- Automação das transacções – otimizando o tempo dos utilizadores;
- Redução de processos redundantes;
- Acesso rápido e em tempo útil à informação;
- Informação partilhada nos diferentes departamentos;
- Melhoria no processo de tomada de decisão;
- Consolidação de todo o *software* num só ERP;
- Possibilidade de integração externa com fornecedores e clientes utilizando tecnologia EDI, (*Electronic Data Interchange*). A comunicação é efectuada ponto a ponto (Lopes, 2003).

Segundo Palazzo et al. (2006), apesar das muitas vantagens há algumas dificuldades inerentes à implementação de um ERP, de seguida apresentam-se as mais comuns e que também se aplicam ao caso prático deste projeto:

- Custos elevados;
- Alocação de recursos necessária durante a implementação do sistema;
- Grande repercussão de erros, pois se um dado é registado de forma incorreta repercute-se esse erro no resto dos processos que usam esse dado. E se o sistema parar todas as operações inerentes param.

### 2.3.2.2. ERP - SAP

Um dos três maiores fornecedores de *software* de gestão empresarial é o SAP ( *Syteme Anwendungen produkte in der Datevenvarbeitung*), ou seja, Sistemas Aplicações Produtos para o processamento de dados, que oferece diversas aplicações e serviços para todo tipo de organizações, quer de diferentes setores de atividade ou dimensões da empresa, presente em mais de 120 países (SAP Portugal, 2017). Este será o *software* que irá ser customizado durante o projeto.

### 2.3.3. Implementação de um Sistema de Informação

Uma vez que atualmente a chave para o sucesso dos negócios é a habilidade de tratar a informação (reunir, organizar e interpretar) (Valacich et. Al, 2012), as tecnologias de informação tornaram-se um fator essencial para obter vantagens competitivas e estratégicas nas empresas, sendo por isso fundamental fazer uma implementação de forma planeada e estruturada, de forma a ir ao encontro aos objetivos da organização (Silva e Videira, 2001). Sendo que tanto para pequenas como grandes empresas a análise e desenho de sistemas é a metodologia provada para utilizar na capacidade máxima a informação destas (Valacich et. Al, 2012).

Os sistemas de informação são importantes em diferentes patamares de gestão na organização. Anthony (1965) classifica os sistemas de informação de acordo com as atividades de gestão e do impacto que o *software* tem dentro da organização:

- Operacional, orientado para o suporte das operações do dia-a-dia;
- Tático, inclui as funcionalidades de análise de informação, sobretudo orientadas para suportar o processo de tomada de decisões a curto prazo;
- Estratégico, focado em questões de planeamento, com impacto no médio e longo prazo.

Silva e Videira (2001) defendem que, tendo em conta o contexto social e económico atual de constante mudança, o sistema deve ser preparado para evoluir a um ritmo que não ponha em causa as organizações, sendo por isso essencial ter as seguintes características:

- Flexibilidade, enquanto capacidade de evolução face aos requisitos de negócio;
- Fiabilidade, o que implica que o número de problemas ocorrido seja reduzido e não ponha em causa o funcionamento das organizações;
- Implementação das necessidades das organizações;
- Nível de desempenho adequado;
- Facilidade de utilização, com uma *interface* amigável e intuitiva para o utilizador.

Relativamente ao processo de desenvolvimento de um sistema, segundo Silva e Videira (2001), é necessário aplicar um processo com fases bem definidas, no qual haja uma sequência de fases. Cada fase é constituída por uma sequência de tarefas que, por sua vez, são formadas por atividades. Cada uma com tarefas bem definidas; quem participa, quais as suas competências e suas responsabilidades. Como processo sequencial está subjacente que as tarefas dependem das anteriores para começar a sua execução. E para que cada tarefa seja considerada terminada deve ter um conjunto de *outputs* bem definidos, que foram cumpridos.

Na fase de análise deve-se utilizar técnicas de recolha de informação, como reuniões, observação direta ou análise de documentação, de forma a construir a especificação do problema (Teixeira, Ferreira e Santos, 2004).

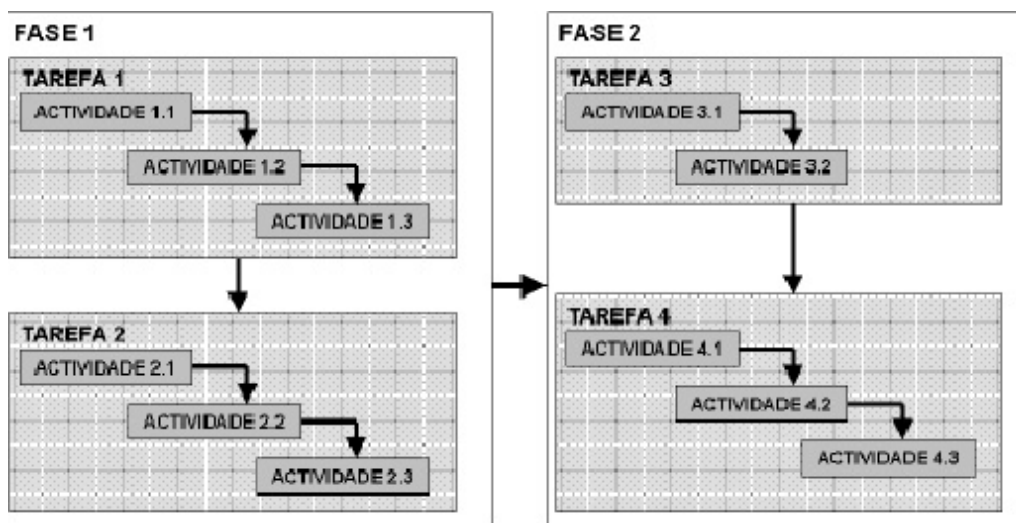


Figura 7 - Representação da hierarquia de conceitos fase, tarefa e actividade (Silva e Videira, 2001)

### 2.3.3.1. Fases da implementação de um sistema

No que concerne às fases inerentes à implementação de um sistema, existem diferentes autores que expõem abordagens no seu núcleo semelhantes, mas com uma estrutura de fases distinta. A este propósito, apresentam-se agora três autores e respectivas abordagens.

Segundo Silva e Videira (2001), ao longo do processo de implementação de um sistema consideram-se três grandes fases:

- Conceção – identificação do que o sistema deve fazer, ou seja, informação que deve processar, funcionalidades que deve permitir, restrições, critérios e funções. É a fase na qual também se deve ter em conta as diferentes alternativas para se avaliar e seleccionar;
- Implementação – definir como será feito o sistema - o que inclui a estrutura de dados, os programas, módulos, as *interfaces* e construir os testes a realizar. No final desta fase, o sistema deve já existir e ser funcional;
- Manutenção – fase constituída por todas as alterações posteriores à aceitação do produto, por exemplo, corrigir erros, fazer adaptações ou introduzir melhorias.

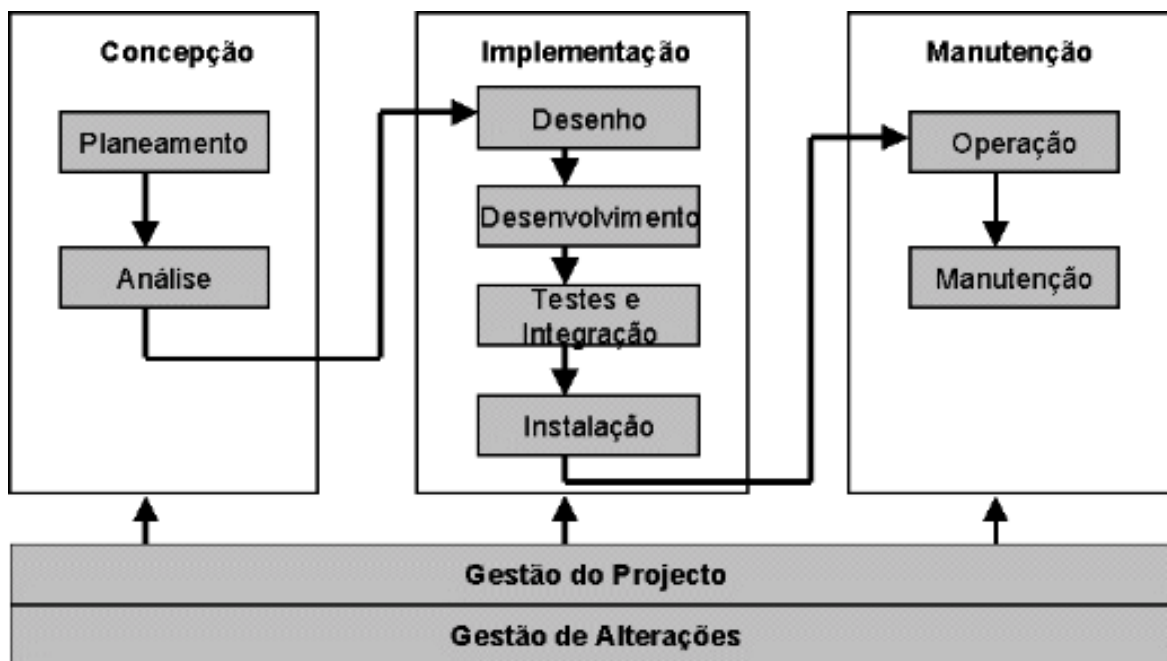


Figura 8 - Fases e tarefas do processo desenvolvimento de *software* (Silva e Videira, 2001)

As diferentes fases podem ser subdivididas em tarefas menores como apresentado na figura 8.

A fase de conceção pode ser subdividida em planeamento e análise. O planeamento corresponde à tarefa de identificação geral de necessidades, possibilidades para o sistema e definição do plano de trabalho. A análise, corresponde à definição detalhada das funções do sistema e respetiva descrição, ou seja, levantamento de requisitos e especificação.

Relativamente à fase de implementação, é composta pela fase de desenho onde se define a estrutura geral (*interface*, módulos, tabela, entre outros), pela fase de desenvolvimento, na qual se programam os diferentes componentes do sistema e a fase de testes, em que o sistema é verificado com o objetivo de obter a aceitação do utilizador. De seguida, surge a tarefa de instalação, que é quando o sistema fica funcional e é disponibilizado para os seus utilizadores finais.

Como última fase, a fase de manutenção, que é quando ao longo da vida do sistema se vão fazendo ajustes, melhorias ou corrigem quaisquer erros.

### Tarefas transversais ao implementar um sistema

Algumas das tarefas são transversais a todo o projeto, como é o caso da gestão e projeto e gestão de alterações.

Na gestão de projeto, estão contempladas atividades como planeamento, controle e monitorização de execução do projeto. Este conjunto de atividades implicam a gestão de todos os recursos (humanos, materiais, financeiros, entre outros), assim como o controlo de prazos para cumprir as diferentes tarefas. É também incluído nesta tarefa a descrição da visão do projeto, plano e projeto, plano de gestão de alterações e avaliação do projeto. Relativamente à tarefa de gestão de alterações, consiste em ter mecanismos de controlo de alterações que vão surgindo ao longo do projeto (Silva e Videira, 2001).

Segundo Valacich et al. (2012), os desenvolvimentos dos sistemas de informação, à semelhança de outros processos, seguem um ciclo de vida. Neste caso, o SDLC (*Systems Development Life Cycle*), que é uma metodologia comum para muitas organizações, é composto por um conjunto de passos *standard* para o desenvolvimento de sistemas.

O SDLC apresenta um conjunto de fases ligadas entre si, cujos *outputs* de cada fase possibilitam a realização das atividades das fases seguintes.

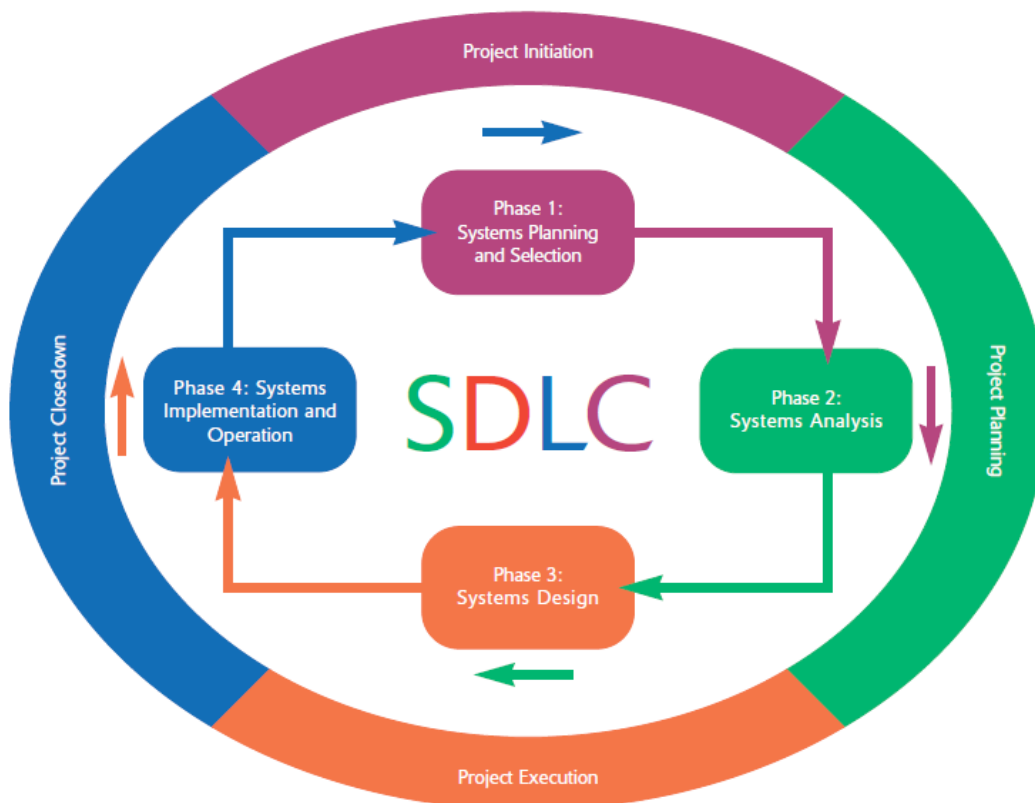


Figura 9 - Constituição do SDLC (Valacich et al., 2012)

De acordo com os autores Dennis e Valadchi, o SDLC é composto por quatro fases:

- Planeamento e seleção de sistemas – fase inicial, na qual as necessidades da organização relativas ao sistema de informação são analisadas e estruturadas. Corresponde também à fase onde o projeto de sistemas de informação é apresentado e se decide se avança ou não;
- Análise de sistemas – fase na qual se analisam os sistemas atuais e se propõem sistemas alternativos para substituir estes;
- Desenho de sistemas – fase na qual o sistema é descrito, independentemente da plataforma de computador (desenho lógico) e depois é transformado em detalhes tecnológicos (desenho físico), a partir dos quais se irá construir e programar o sistema;
- Implementação e Operação de sistemas – fase final, na qual o sistema é codificado, testado e instalado na organização, e sistematicamente se corrigem possíveis erros ou é melhorado.

Projetos diversos podem abordar de formas divergentes as fases ou realizar diferentes partes do SDLC, embora qualquer projeto tenha elementos de todas as fases (Dennis et al., 2012).

Cada fase tem um conjunto de *outputs* esperados, como indicado na Tabela 1:

Tabela 1 - Adaptado de *outputs* esperados de cada fase do SDLC (Dennis et al., 2012)

Fase	Outputs Esperados
Sistemas de planeamento e seleção	Prioridades do sistema / projeto
	Estrutura para data, <i>hardware</i> , <i>network</i> e gestão de sistemas de informação
	Plano de trabalho detalhado para o projeto selecionado
	Especificação do âmbito do sistema
	Justificação da necessidade do sistema
Análise do sistema	Descrição do sistema atual
	Recomendação de como arranjar ou melhorar o sistema
	Apresentação de sistemas alternativos e justificação de por-que selecionar um deles
	Plano de aquisição para nova tecnologia
Design do sistema	Especificação dos detalhes de todos os elementos do sistema
Implementação do sistema e operacionalidade	Criar código
	Criar documentação de suporte
	Procedimentos para formação e suporte
	Criação de novas versões ou <i>release</i> do <i>software</i> com respetiva documentação e formação de suporte

## Planeamento e análise

Nas fases iniciais é essencial garantir o alinhamento das funções do sistema de informação aos objetivos do negócio, o que se faz através de um conjunto de atividades que permitam recolher informação do negócio em causa e sistemas de informação, de modo a que criem um conjunto de boas recomendações base para se planear o sistema. Durante este processo deve-se compreender a situação do negócio atual e quais as necessidades do negócio que se devem refletir nas funcionalidades do sistema (Silva Videira, 2001).

### 2.3.3.2. Construção de requisitos

Segundo Dennis et al. (2012), a fase de análise a determinação dos requisitos é um dos aspectos cruciais da implementação de um sistema. Entre os fatores que contribuem para a falha do desenvolvimento do sistema, falhar na determinação dos requisitos é uma das principais causas.

De acordo com Dennis et al. (2012), um requisito consiste numa explicação do que o sistema deve fazer ou que características deve ter. Durante o projeto de desenvolvimento do sistema são os requisitos que indicam o que o negócio precisa, o que os utilizadores podem fazer ou não no sistema, o que o próprio *software* deve fazer, que características deve ter e até como o próprio sistema deve ser construído. Uma boa reflexão para construir os requisitos consiste em pensar o que o utilizador precisará fazer na prática no sistema ou retirar deste.



Assim, a definição de requisitos consiste na transformação do que se pretende do sistema numa lista mais detalhada de que funcionalidades o sistema deve ter para providenciar valor ao negócio. A lista de requisitos vai sendo revista, confirmada e clarificada, à medida em que se realizam as outras atividades da fase de análise (construção de modelos de processo e *data model*).

Durante a determinação dos requisitos, a redefinição ou adaptação do conceito do sistema e os próprios requisitos é simples. É à medida que se avança nas fases de implementação do sistema (design e implementação) que se torna cada vez mais complicado realizar alterações, e ao longo das diferentes fases. No entanto, os requisitos não devem ser vistos como algo estático, é normal ao longo do decorrer do projeto do sistema fazer adaptações aos requisitos ou acrescentar requisitos (Dennis et al., 2012).

#### **2.3.3.3. JAD (*Joint application Development*)**

A técnica designada como JAD consiste numa forma de recolha de dados, na qual a equipa do projeto e os futuros utilizadores podem trabalhar juntos para identificar requisitos do sistema. Esta técnica foi desenvolvida nos anos 70 e impede que os requisitos fiquem muito vagos ou demasiado específicos, o que seria prejudicial nas fases seguintes. Para que funcione, é necessário que o grupo se reúna durante várias horas ou vários dias ou semanas até que todas as questões sejam discutidas e as informações necessárias recolhidas. É necessário também que exista um facilitador, que não deve fornecer ideias ou opiniões sobre os tópicos em discussão, mas deve permanecer com uma postura neutra durante a sessão. Estas sessões devem ser preparadas e realizadas de forma a que os elementos não sejam interrompidos, se possam ver uns aos outros, e tenham condições como a existência de um projetor e flip chart, sendo sempre o objetivo final recolher toda a informação e debater todos os tópicos necessários até se obter a lista de requisitos (Dennis et al., 2012).

#### **2.3.3.4. Plano de teste**

Durante a fase de análise começa-se a desenvolver um plano de teste, embora muitas atividades de teste reais sejam realizadas durante a fase de implementação, fase na qual o teste é realizado. Estes planos de teste, assim como os requisitos, são cruciais. Os planos de teste servem para criar uma lista de verificação para determinar se todas etapas necessárias vistas no teste foram concluídas, além de permitir melhorar a comunicação entre pessoas envolvidas no desenvolvimento do sistema (Valacich et. al, 2012).

Nas fases posteriores (desenho e implementação), os diferentes componentes são criados e testados e são feitas as respetivas correções internas necessárias (Silva e Videira, 2001).

#### **2.3.3.5. Após ter o sistema de informação funcional**

Já com o sistema de informação a ser utilizado na empresa, é normal ao longo da sua vida útil serem detetados problemas que não foram previstos na fase de implementação (*bugs*) ou a existência de solicitações para alterar alguns requisitos que não foram pensados na fase de conceção, o que exige a elaboração de novas versões ou atualizações do sistema (Silva e Videira, 2001).

### 2.3.3.6. Soluções de mobilidade para sistemas de informação

Segundo Campos (2016), é essencial avaliar as tecnologias de informação e comunicação usadas na empresa e como elas permitem fornecer os dados, informações e conhecimentos adequados que os funcionários necessitam para as diferentes situações, uma vez que a passagem de informação adequada e correcta é um dos recursos que mal utilizado e gerido pode criar problemas para a empresa.

Por outro lado, há uma necessidade de novas tecnologias para suportar o processo de tomada de decisão, bem como para fornecer novas informações e conhecimento à organização. No mercado atual, as empresas que não aplicam este tipo de recursos perdem vantagem competitiva, pois passam a não estar nas mesmas condições dos seus concorrentes. A computação, *cloud* e *big data* levam a que as organizações se insiram na nova era (Indústria 4.0) e traz às empresas um conjunto de novas possibilidades, mas também desafios inerentes e importantes para continuarem no mercado. No caso da área de manutenção é benéfico o apoio das soluções de mobilidade para otimizar os recursos.

Dentro da manutenção, a preventiva é a que por norma inclui na estratégia o conceito de manutenção eletrónica, com módulos de diagnóstico e prognóstico. Geralmente, usa-se para otimizar a manutenção, seguindo um conjunto de passos; primeiro a aquisição de dados, de seguida, o processamento dos mesmos e, por fim, as decisões tendo em conta os dados. Devido a isto, na área de monitorização de condição, especialmente na manutenção eletrónica, houve muitos esforços para desenvolver vários sistemas para a manutenção (Campos, 2016).

Capella et al. (2012) sugerem que a estrutura para a manutenção consiste em dois domínios, um para o chão de fábrica e outro para a *cloud*. Para o chão de fábrica sugere-se um dispositivo móvel, que pode ser conectado ao domínio da nuvem. Assim, ao combinar dispositivos móveis, computação em nuvem e usando a conectividade da *Internet*, são necessários menos requisitos económicos, passando a haver maior disponibilidade e produtividade na fábrica.





### **3. A manutenção na Bosch Termotecnologia SA: aplicação da Indústria 4.0 e criação do SAP PM como piloto para as outras divisões de termotecnologia**

---

### 3. A manutenção na Bosch Termotecnologia SA: aplicação da Indústria 4.0 e criação do SAP PM como piloto para as outras divisões de termotecnologia

#### 3.1. Criação de trabalho inteligente – Indústria 4.0

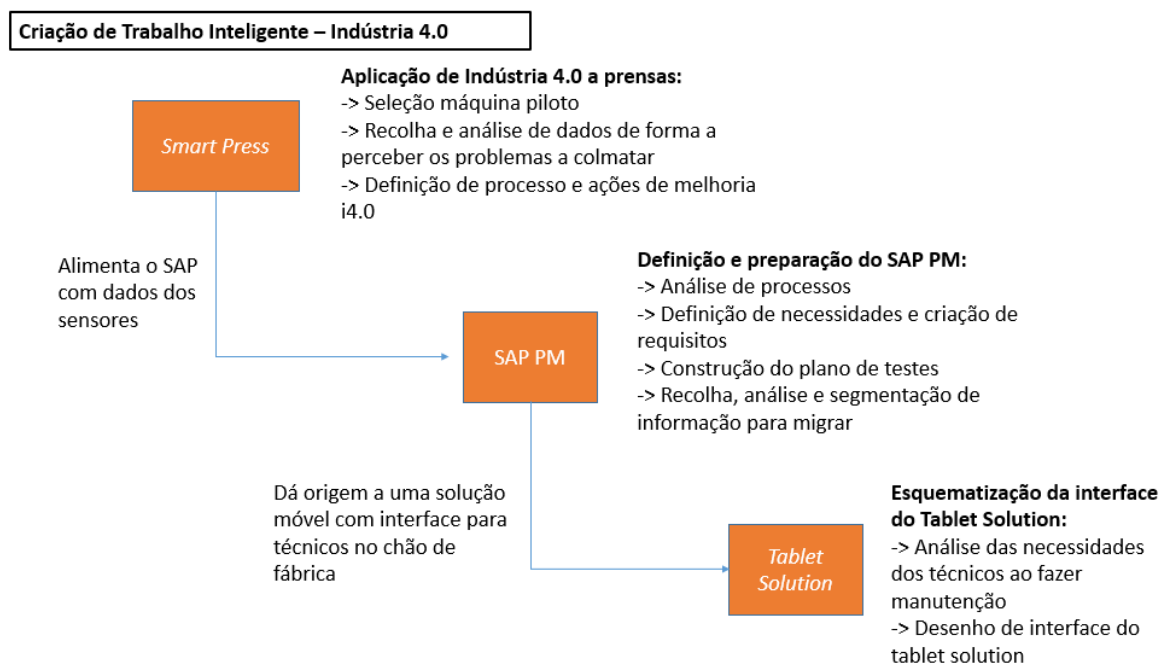


Figura 10 - Criação de trabalho inteligente - Indústria 4.0

Ao longo do projeto sempre se procurou contribuir para construir uma forma de trabalho inteligente na manutenção. Para isso, este projeto sustenta-se em três subpartes, que se interligam como etapas para a construção de um trabalho futuro inteligente, assim como dependem e se interligam entre si de forma funcional ( como pode ser visto na figura 10). Cada subparte será explicada, ao longo do documento mas, de forma breve, pretende-se explicar inicialmente a sua correlação.

O subprojeto SAP PM ( Sistema integrado de gestão para a manutenção) é um projeto piloto de definição e preparação do sistema SAP para a manutenção na Bosch Termotecnologia S.A., sendo que tem informação e as funcionalidades necessárias relativas à manutenção ou quaisquer fatores da fábrica relacionados a esta área.

O subprojeto denominado *Smart Press* é um projeto piloto no qual se começou a pensar como aplicar a Indústria 4.0 na manutenção das máquinas da fábrica, começando por uma secção e máquina piloto. As aplicações inteligentes que se aplicam dependem de um sistema, o SAP PM, sendo que o projeto *Smart Press* será apenas um dos muitos projetos que dependerão do SAP.

Relativamente ao subprojeto *Tablet Solution* surge como algo adicional, onde a partir do SAP PM se cria uma solução móvel, simples e focada nas funcionalidades que os técnicos necessitariam do sistema ao realizar a manutenção no chão de fábrica.

### 3.2. Smart Press

#### 3.2.1. Smart Press e a aplicação de Indústria 4.0 na manutenção

A Bosch Termotecnologia S.A. é uma empresa pioneira no desenvolvimento de soluções de Indústria 4.0. Esse trabalho e investimento tem vindo a ser feito para várias unidades Bosch em todo o mundo e surge agora como um dos investimentos que a organização pretende fazer também para a Bosch Termotecnologia S.A. em Aveiro para a área de manutenção. Nesse sentido, existe atualmente um projeto focado na área da manutenção, relativamente a um conjunto de prensas – denominado *Smart Press* – e que servirá como projeto piloto a ser aplicado em outras unidades Bosch TT.

#### 3.2.2. Criação do processo

Uma necessidade / passo primordial para o projeto *Smart Press* – que consiste na aplicação da Indústria 4.0 às prensas – é apresentar a causa do projeto, como este ocorrerá e através da definição das funções gerais desejadas da aplicação (nomeadamente o que essas funções representam enquanto melhorias e como poderia ser o processo, posteriormente, na prática).

Para explicar da melhor forma estes três fatores, foi aplicado o conceito Golden Circle – uma ferramenta acessível que ajuda a criar a proposta de valor de uma ideia ou negócio de sucesso e sugere que os negócios sejam criados de maneira contrária ao que geralmente é feito, começando pelo porquê e não pelo “o quê”, e respondendo de forma sucinta ao Why, How e What do projeto. Assim, apresenta-se de seguida o Golden Circle para este projeto, que irá ser referido como *Smart Press* (devido a derivar da aplicação da Indústria 4.0 às prensas).

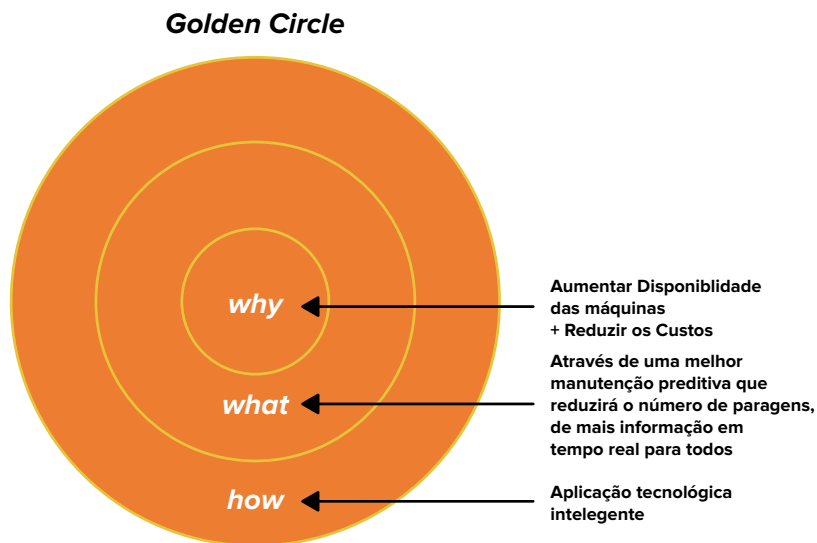


Figura 11 - Golden circle da indústria 4.0 aplicada à Manutenção

Na figura 11, no cerne do círculo podemos ver que o grande objetivo do projeto é o aumento da disponibilidade das prensas, uma vez que estas são críticas, pois produzem muitos e diferentes componentes essenciais na produção, e reduzir os custos de manutenção para estas máquinas. Pretende-se atingir este objetivo através de uma melhor manutenção preventiva, de forma a diminuir as paragens para reparação, e também através de uma passagem de mais informação sobre o estado da máquina e em tempo real, fazendo-o através de uma aplicação inteligente.

Tabela 2 -Criação de um roadmap para o projeto

Etapa	Processo
<i>Plan</i>	Definir Máquina Piloto
	Calculo OEE Máquina Piloto
	Definir Fatores de Perda
	Definir dados a recolher da máquina
<i>Do</i>	Sensorização da Máquina / Periféricos
	Exportação de dados
	Estrutura plataforma de armazenamento a utilizar
	Análise dados
	Redefinição do processo de manutenção
	Definição Indicadores
<i>Check</i>	Acompanhamento KPI's
	Melhorar processo
<i>Act</i>	Validação do Processo
	Implementação a outros equipamentos

De forma a existir um melhor planeamento relativamente aos passos necessários para a execução do projeto, definiu-se a ordem de trabalho do mesmo, como se pode ver através da Tabela 2. Começa-se por indicar a máquina Piloto, na qual tudo será testado e ajustado, inicialmente, para posterior implementação nas restantes. De seguida, considerou-se explorar o cálculo de OEE da Máquina Piloto e analisar os fatores de perda, de forma a perceber as causas gerais que retiram disponibilidade à máquina e, posteriormente, mais concretamente quais os fatores de perda a nível de manutenção.

Durante a procura dos fatores de perda a nível de implementação, realizar-se-á uma análise profunda das causas de paragens - nomeadamente as áreas e necessidades de recursos relativas aos anos mais recentes - para, com a análise dos dados disponíveis, perceber quais os sensores mais indicados para aplicar na prensa e garantir o sucesso do projeto. Como quarto passo, serão definidos os dados necessários a recolher da máquina, quais os dados mais convenientes para monitorização (de forma a auxiliar as tarefas diárias) e como será necessário preparar o sistema, de maneira a que este consiga reagir de acordo com os intervalos de dados em causa.

Após estes passos, irão ser procuradas diferentes soluções de sensorização, oferecidas pelo mercado correspondente, analisando-as e selecionando as que mais se adequam às necessidades existentes na organização, sempre considerando a relação preço/benefício.

Quando toda as etapas do planeamento estiverem completas, avançar-se-á para a sensorização da máquina, exportação dos dados, estruturação da plataforma de armazenamento a utilizar, análise dos dados, redefinição de processos de manutenção, definição de indicadores e consequente acompanhamento dos mesmos. Tudo isto procurando integrar paralelamente estas funcionalidades, através de um sistema inteligente, que remeta a informação relevante para cada interveniente (técnico, operador, armazém da manutenção) no tempo adequado.



### 3.2.3. Análises para seleção da máquina piloto

O processo de seleção das prensas para implementação da Indústria 4.0 baseou-se em dois fatores de importância significativa: a criticidade do processo para a empresa e o custo da manutenção. O conjunto de cinco prensas selecionadas considera-se crítico, pois estas produzem diferentes componentes (todos essenciais para a produção) e são o conjunto de máquinas mais crítico dentro da secção que, em 2015, esteve em primeiro lugar no *ranking* de custos, tendo representado 23% dos custos de manutenção da organização.

Selecionado o conjunto de máquinas, procedeu-se à recolha de toda a informação disponível das cinco prensas que constituíam o conjunto, de forma a procurar e selecionar a máquina piloto.

Para tal, observaram-se os seguintes pontos:

- Tempo de reparação;
- Custos em material (Direto e Indireto) – Equipamento;
- Custos em material - Ferramentas;
- Disponibilidade de produção;
- OEE;

Evolução tecnológica e *retrofit* necessário para cada consola da respetiva prensa.

Apresentam-se agora alguns gráficos que se construíram, após recolha e análise dos fatores mencionados, de forma a selecionar a máquina piloto.

#### Tempo de reparação

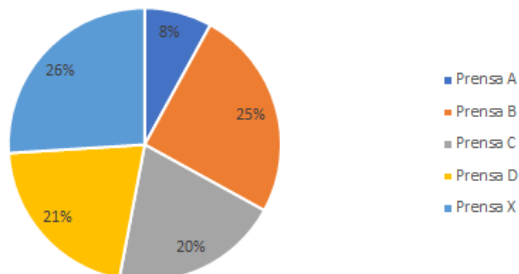


Figura 12 - Tempo de reparação por prensa (2016)

Ao observar a figura 12 relativa ao tempo de reparação das diferentes prensas do conjunto, facilmente identifica-se duas prensas que exigiram maior tempo de reparação no último ano – a prensa B e X, sendo a X com uma maior percentagem, apesar da diferença ser ínfima.

### Custos de material usado para manutenção

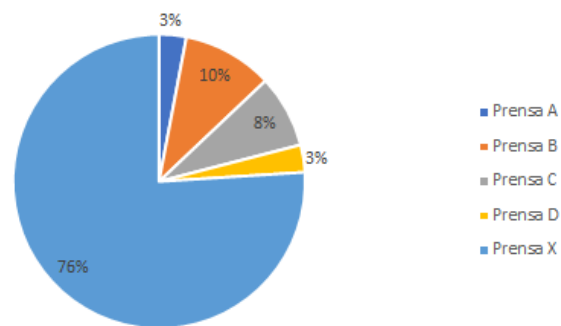


Figura 13 - Custo de material da manutenção por prensa (2016)

Ao ver a figura 13 destaca-se logo uma grande percentagem a azul, cerca de 76% dos custos associados a material pertencem a uma das prensas: a prensa que se está a designar por X.

### Custos em material relacionado com as ferramentas

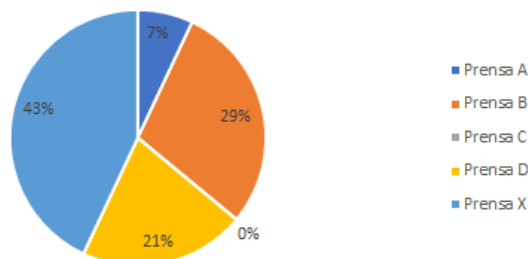


Figura 14 - Custo em manutenção de ferramentas por prensa

A figura 14 mostra os custos de manutenção de ferramentas associados a estas prensas. A prensa C tem um valor tão reduzido que nem aparece no gráfico, a B um valor reduzido comparado com as restantes. A prensa D e B têm valores próximos, entre os 20% e os 30% e a prensa X destaca-se, correspondendo a uma percentagem de 43%.

### OEE, com foco na área da disponibilidade

Tabela 3 - Valor de OEE e seus fatores por prensa

Prensa	OEE [%]	Velocidade [%]	Qualidade [%]	Disponibilidade [%]
A	66.60	66.60	100.00	95.15
B	87.82	87.82	100.00	97.79
C	70.00	72.87	100.00	96.06
D	84.45	108.06	99.98	78.16
X	74.40	97.16	99.97	71.29

A tabela 3 apresenta os fatores do OEE (Velocidade, Qualidade e Disponibilidade) e respetivo OEE para cada prensa. Na análise da tabela, ressalta um maior foco na questão da disponibilidade, restando perceber qual a prensa com menor disponibilidade, para priorizar como prensa piloto. De acordo com as percentagens, a prensa com menor disponibilidade foi a X.

### **Evolução tecnológica e *retrofit* necessário para cada consola da respetiva prensa**

Outro fator relevante é o nível de avanço tecnológico de cada prensa, sendo que isso influenciará o *retrofit* (adaptação tecnológica) que será necessário para implementar o projeto.

Do conjunto de cinco prensas, quatro delas (A, B, C e D) são constituídas por consolas Unidor, com valores analógicos para diferentes fatores, como os contadores e medição de força das bielas; o ajuste, a programação do ângulo e da cota de avanço, assim como contadores de quantidade por caixa, número de pancadas por minuto (ciclos), medição da força nas bielas do corte e até a escolha de ferramenta. Por outro lado, a quinta prensa (prensa X) tinha uma consola Siemens, que funciona mais a nível digital, disponibilizando informação relativa aos mesmos fatores, mas a nível digital, pela consola (fatores como força, nas bielas, número de batidas por minuto, entre outros).

Ao comparar os dois tipos de evolução tecnológica existentes, neste conjunto de prensas verifica-se que é menor o *retrofit* necessário para a prensa X.

Com base nestes seis fatores, selecionou-se a prensa X, com consola Siemens, que representava maiores custos a nível de material para ferramentas e equipamento, maior tempo em reparação (logo também maiores custos com os técnicos afetos a essa máquina) e maior frequência na paragem de produção de componentes críticos, o que se reitera ao verificar que é a prensa com menor disponibilidade. Adicionalmente, sendo a prensa que exige menor *retrofit*, facilita a recolha de dados – algo que será necessário para o sucesso deste projeto.

### 3.2.4. Análise focada na prensa X

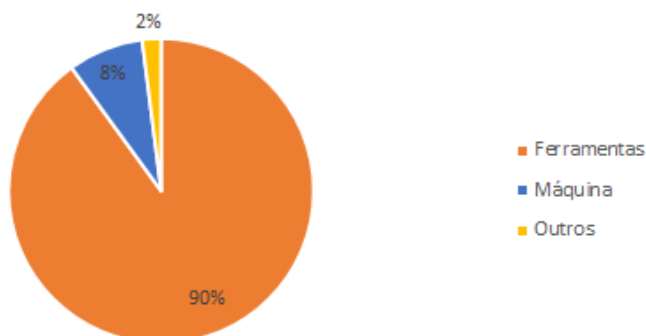


Figura 15 - Gasto em ferramentas / tipo de manutenção

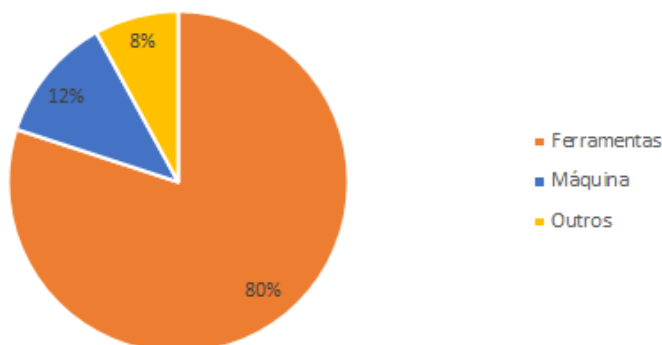


Figura 16 - Tempo em ferramentas / tipo de manutenção

Após a seleção da máquina procedeu-se à análise dos seus custos ( figura 15) e tempo de manutenção ( figura 16), de forma a apurar quais as áreas prioritárias de intervenção.

Concluiu-se que uma maioria significativa dos custos e tempo estavam relacionados com as ferramentas necessárias à máquina e não com os restantes componentes da mesma (sendo que numa prensa a ferramenta é o componente da máquina que trabalha a chapa sob operações de conformação ou corte).

Como a maior percentagem da análise anterior remeteu para as ferramentas, avançou-se para uma análise focada no custo e tempo das ferramentas.

Tanto no fator tempo como no fator custo, a manutenção curativa representa uma maior percentagem de gastos.

A análise, tanto relativo ao fator tempo como ao fator custo, mostrou que são maiores os gastos relativos a manutenções curativas, tendo estes uma percentagem de 60% e uma diferença de valor significativo superior em custos, relativamente à manutenção preventiva. Deste *output* percebemos que a manutenção preventiva não está a ser a adequada, sendo o objetivo desejado ter um maior investimento a nível de manutenção preventiva do que curativa, sendo na maioria um indicador de adequadas manutenções planeadas e de diminuição de paragens, logo menos paragens de produção.

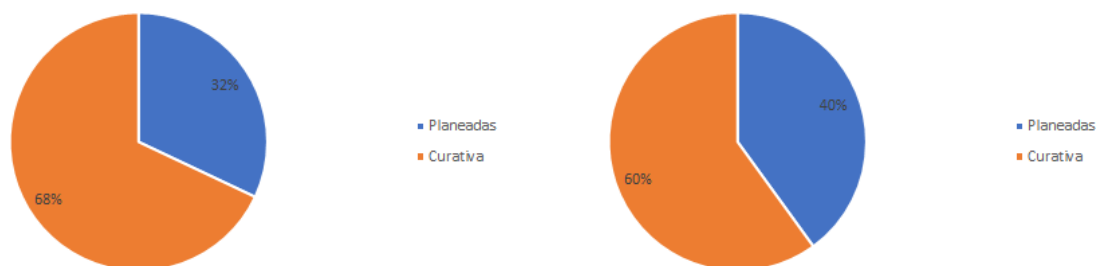


Figura 17 e 18 - Distribuição de tempo manutenção - prensa X / Distribuição de custo manutenção - prensa X

Adicionalmente, estudou-se o OEE para o caso específico da prensa selecionada, verificando-se que 11% das perdas de OEE eram relacionadas com a manutenção, das quais 5% relacionadas com as ferramentas. Para além das ferramentas, foram identificados os fatores que correspondiam aos restantes 5,5% de perda de OEE – a saber: enganos e demora na mudança de matéria prima, encravamento da máquina nas laterais e rebarba nos cortes.

Com o intuito de determinar, com exactidão, os problemas e completar a informação, realizou-se uma recolha de dados mais aprofundada. Foram levantados os dados do histórico de manutenções, tanto curativas como preventivas, consultaram-se os técnicos e operadores mais experientes. Desta feita, após as análises anteriores e reunida toda a informação considerada pertinente, foi desenvolvida uma lista de causas (apenas as relacionadas com questões de manutenção) que são transversais às ferramentas.

Seguidamente, tendo em conta o conjunto de problemas identificados, procurou-se agrupá-los e encontrar a solução mais indicada para cada um. Assim surge a tabela 4 apresentada abaixo.

Tabela 4 - Problema prensa “versus” solução

Problema	Solução
Rebarba	Ajuste manutenção preventiva ( nº de pancadas)
Sucata	
Mau corte de separação	
Lubrificação em falta	
Parte matriz, punção, abas	
Erro ou demora na mudança de ferramenta	Validação da ferramenta e matéria prima ao programa da peça a produzir
Erro ou demora na mudança da bobine da matéria prima	
Várias pancadas com chapa fora de posição	Sensorização do passo da ferramenta

A manutenção preventiva praticada anteriormente, era desenvolvida em função do período de tempo. No entanto, uma vez que o desgaste da ferramenta advém do número de pancadas/trabalho, frequentemente um número considerável de ferramentas sofria manutenção sem ser necessário. Simultaneamente, um outro conjunto de ferramentas tinha necessidade de intervenções relacionadas com a manutenção, e estas não ocorriam, uma vez que não era considerado o fator trabalho efetuado/desgaste/nº pancadas. Alterando-se o fator pelo qual fazemos a manutenção preventiva, existirá uma atuação de forma mais efetiva e otimizada, reduzindo paragens e permitindo diminuir custos desnecessários, e simultaneamente investir da melhor maneira o tempo e os recursos relativos às manutenções das ferramentas.

Adicionalmente, ao efetuar a manutenção de acordo com o número pancadas, ir-se-á permitir lubrificar no tempo adequado, verificar o estado, arranjar ou trocar os módulos necessários e reduzir eventuais gripagens, peças partidas nos cantos, sucata acumulada ou rebarba (fatores que, como foi referido anteriormente, eram fonte significativa de problemas relacionados com a manutenção).

Relativamente a problemas relacionados com a mudança de ferramenta, estes podem ser resolvidos através de uma codificação / identificação das ferramentas (sendo que existem, atualmente, cerca de 95 ferramentas, cada ferramenta com vários módulos). Ao colocar o programa de arranque adequado para a produção de uma nova peça ter-se-ia também que, no processo de arranque, verificar se a ferramenta era a correta.

De forma a solucionar alguns dos problemas relacionados com a chapa (matéria-prima errada, chapa sobreposta, mau alinhamento da chapa, entre outros), as medidas sugeridas são referentes à codificação e identificação da matéria-prima (de forma semelhante às medidas propostas relativas à ferramenta). Simultaneamente, para evitar o mau alinhamento da chapa - que ocorre devido ao facto de, no processo atual, o sistema de alimentação não verificar quaisquer desvios - podem ser implementados sensores que detetem a posição desta (Sensores de passo).

Relativamente à chapa sobreposta, pode ser controlada pelo *tracking* da espessura da chapa. Através de sensores também, sendo que ao resolver os problemas da ferramenta evita-se, de forma mais eficiente e preventiva, a sobreposição de chapa. Isto porque a sobreposição de chapa costuma ocorrer quando existem ferramentas danificadas, acumulação de sucata ou mau alinhamento desta; vários fatores com soluções já previstas.

Ao resolver os problemas com a chapa reduzem-se os danos causados nas ferramentas e vice-versa, criando sinergias e levando, ainda, a uma posterior redução de custos de manutenção. Para que todas estas medidas sejam possíveis, é essencial que haja uma comunicação entre os sensores da máquina e o sistema da organização, de forma a que os sensores alimentem dados relativos à máquina e seus processos ao sistema de gestão, para que possam ser consultados por todas as partes interessadas e passemos a ter um sistema inteligente, que fornece informação e notifica sempre que é necessário intervir.

### 3.2.5. Processo *Smart Press*

Tendo em conta as falhas detetadas e apresentadas anteriormente, relativas à área da manutenção, e após analisar as soluções que poderiam ser aplicadas, procedeu-se à esquematização do processo futuro desejado.

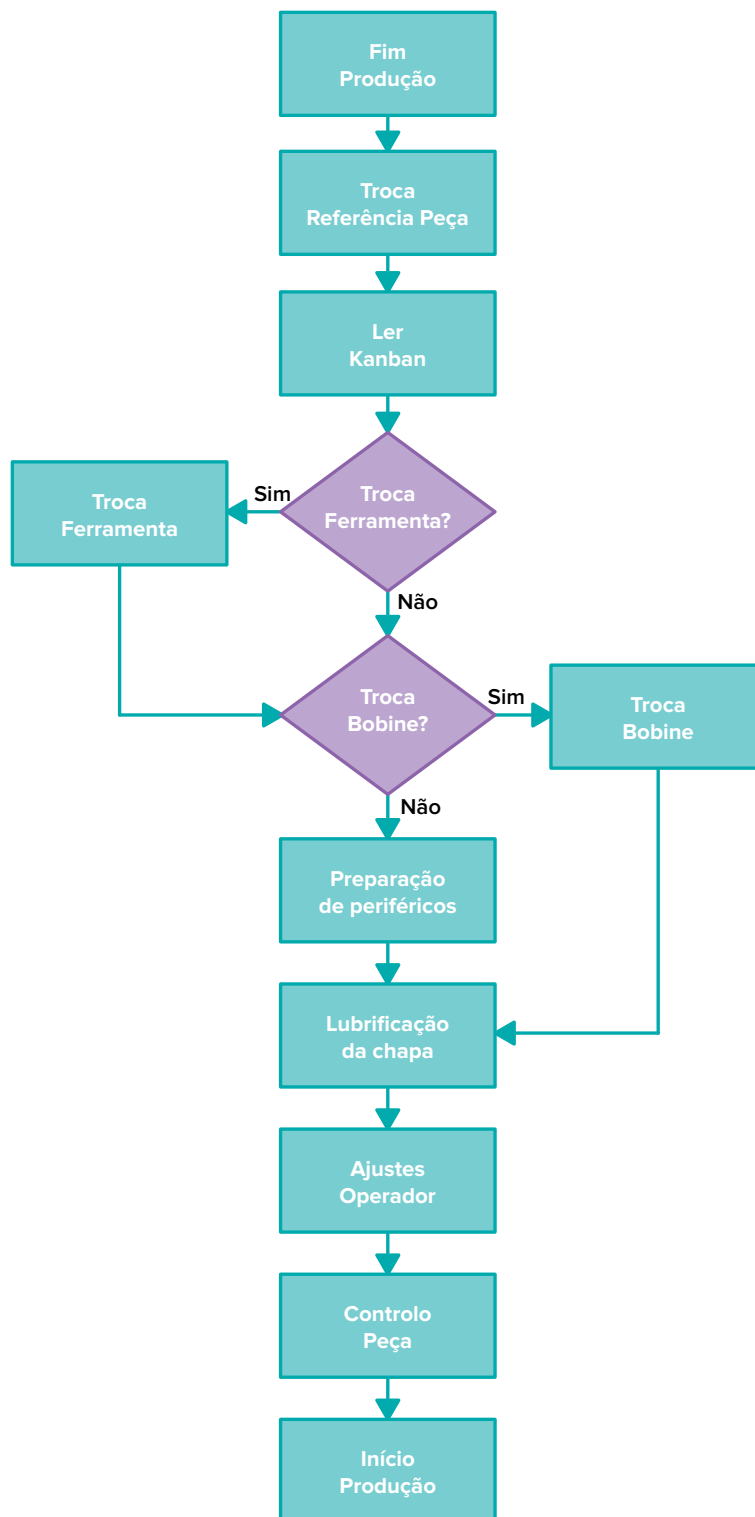


Figura 19 - Macroprocesso da mudança de produção

Procede-se agora à explicação do processo (macro), representado na figura 19, sendo, posteriormente, especificado o processo de troca de bobine e troca de ferramenta.

Quanto ao Macroprocesso importa ressaltar que tem início quando terminar a produção de um tipo de peça. Para principiar a produção de uma nova peça, faz-se a associação de uma referência, quantidade a produzir, posterior localização final (após a produção), a localização da matéria prima e as ferramentas necessárias para a produção da peça. Seguidamente, advém a leitura da carta kanban, que no novo processo, para além de conter as informações anteriormente referidas, passará a facultar também informação sobre o peso por peça, localização da matéria prima e da ferramenta necessárias para a produção da peça.

Após a leitura da carta kanban, tem lugar a troca de programa de arranque associado à nova peça a produzir (isto faz-se na consola existente na prensa).

Sucessivamente, o processo pode requerer trocar a ferramenta ou não – dependendo se as ferramentas associadas à nova peça coincidem com as ferramentas associadas à peça anteriormente produzida. Independentemente da troca da ferramenta, poderá existir (ou não) necessidade de trocar a bobine de matéria prima para uma que coincida com a nova peça. Assim, poderá existir troca de ambos os elementos (ferramenta e bobine), apenas um ou nenhum.

Após fazer as trocas necessárias (trocar bobine e / ou ferramenta ou nenhuma) procede-se à lubrificação da chapa e aos ajustes do operador (por exemplo, ajuste do tapete de saída e dos dispositivos de controlo), podendo dar-se início à produção da nova peça.

### 3.2.5.1. Processo Atual Troca Ferramenta vs. Processo Futuro Troca de Ferramenta

Sobre o processo específico da troca de ferramenta, apresenta-se na figura 20 um esquema do processo implementado atualmente, bem como do processo que se deseja implementar futuramente (que irá incorporar o *Smart Press*) de forma a explicitar da melhor maneira a lógica e alterações nesta fração do processo.

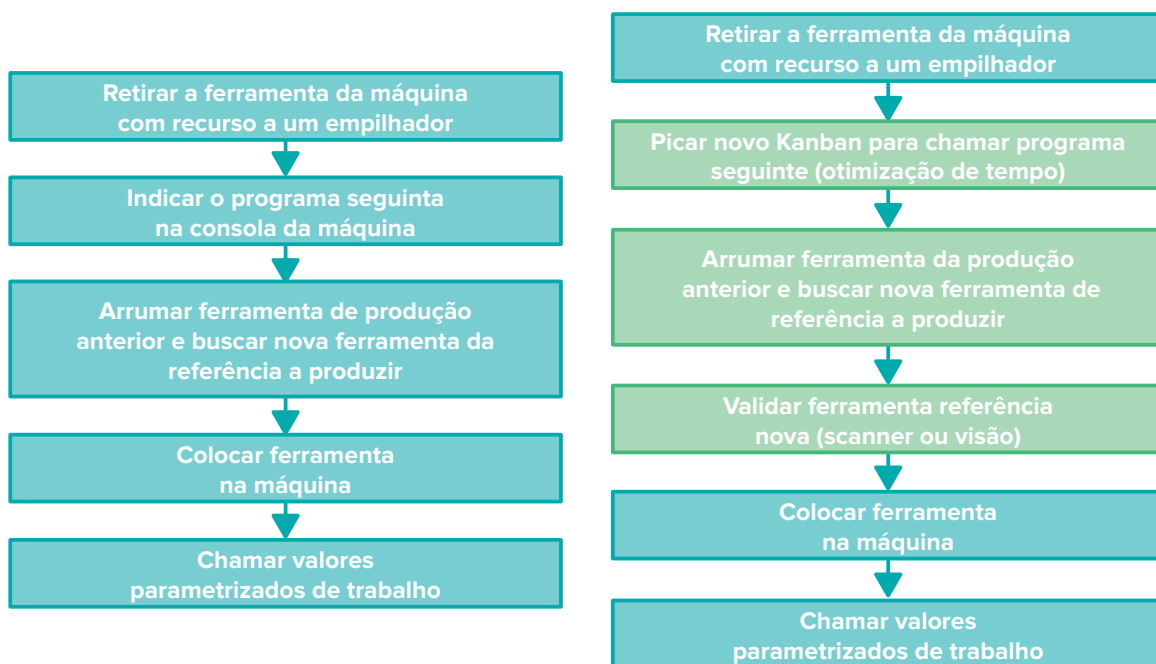


Figura 20 - Processo atual da troca de ferramenta vs. Processo futuro da troca de ferramenta



Analizando os esquemas apresentados na figura 20, à esquerda encontra-se o processo atual da troca de ferramenta. Começa por retirar a ferramenta que está na máquina, recorrendo a um empilhador. Simultaneamente, enquanto a peça é tirada pelo empilhador e levada, de forma a otimizar o tempo, chama-se o programa seguinte para a nova referência peça, o qual no novo processo já indicará se há ou não necessidade de mudar o curso da máquina.

Seguidamente, tem que se localizar (localizar neste contexto deve ser entendido como o tirar ou recolocar no sítio certo do armazém a ferramenta) na estante a ferramenta que se acabou de tirar e localizar a nova ferramenta necessária.

No que diz respeito ao processo futuro, as alterações efetuadas estão relacionadas com o facto de o novo programa ser chamado, aquando da leitura do novo kanban (otimizando tempo).

Posteriormente, para além da localização da ferramenta anterior e seguinte, haverá um processo de validação da ferramenta (através de scanner, por exemplo). Nesta etapa integrar-se-á uma solução de sinalização com indicação dos locais disponíveis, de forma a agilizar o processo de entrega e levantamento das ferramentas.

Para que isto seja possível, é indicado passar a existir uma codificação da ferramenta / módulos e respetiva validação. Coloca-se a ferramenta na máquina, ligam-se sensores de proteção da ferramenta e chamam-se os valores parametrizados de trabalho.

### 3.2.5.2. Processo atual da troca de bobine vs. Processo futuro da troca de bobine

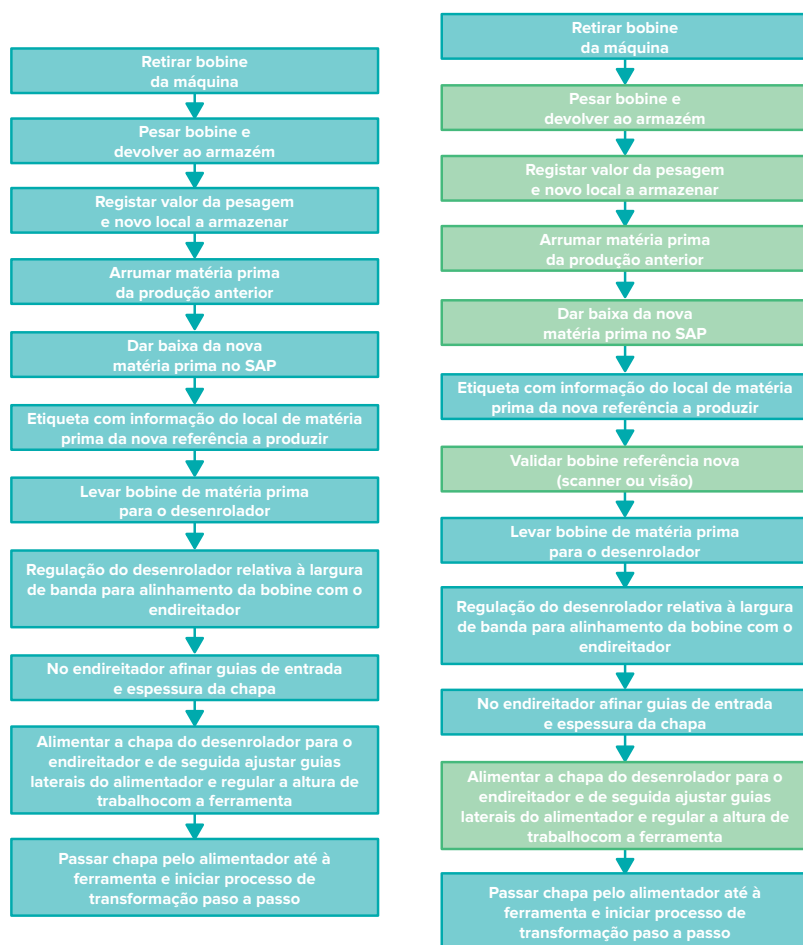


Figura 21 - Processo atual da troca de bobine vs. processo futuro da troca de bobine

Quanto ao processo específico de troca de bobine, representado na figura 21, inicialmente esta é retirada, pesada (de forma registar o seu peso) e devolvida ao armazém, para, posteriormente, se localizar a nova bobine a colocar na máquina, dar baixa no sistema dessa mesma bobine e retirar uma etiqueta com a localização da matéria prima a levantar para a produção da nova referência/ peça.

No novo processo, estas etapas são realizadas recorrendo à informação do peso da matéria-prima por peça e número de pancadas efetuadas; uma vez que sabendo o peso por peça, peso habitual de desperdício da matéria prima, assim como o número de pancadas, é possível saber quantas peças foram produzidas à partida.

Consequentemente, saberemos com que peso ficou a bobine no fim para aquela produção e também ao atingir determinado número de pancadas. Apuraremos, igualmente, que a produção irá terminar e que será lido o próximo kanban.

Outra melhoria pensada prende-se com as localizações de material. No parque de bobine, cada espaço passará a ter um código de barras associado, de forma a conseguir providenciar feedback automático ao sistema da nova localização da bobine necessária, assim como existirá, também, a implementação de sinalizadores ou leds.

Ao levantar a matéria-prima, a baixa (no sistema) da nova matéria-prima poderá ser feita de forma automática, passando a ser feita pelo despoletar do processo de picagem do código do produto kanban.

Com o novo processo, nesta etapa passa a ocorrer (à semelhança do que ocorre com a troca da ferramenta) uma validação da bobine para garantir que é levantada a bobine correta e evitar erros de produção e de tempo. Depois, leva-se a nova matéria-prima ao desenrolador, procede-se à regulação deste e à afinação dos guias de entrada e espessura da chapa; fazem-se os ajustes e a chapa passa pelo alimentador até à ferramenta, iniciando-se o processo de transformação passo a passo. Finaliza-se com o ajuste dos parâmetros de trabalho.

### 3.2.6. Especificação das funções dos diferentes componentes no sistema

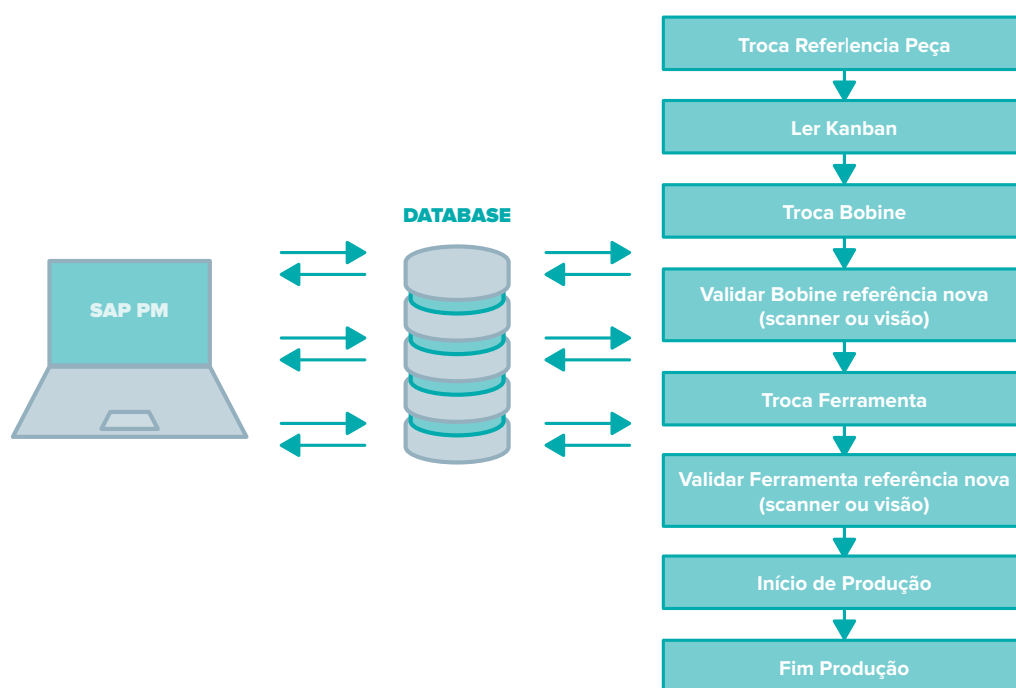


Figura 22 - Relação entre ferramentas e transmissão de dados

### **3.2.6.1. Sensorização dos passos**

O alimentador da prensa tem um motor de passo, que é elétrico, usado quando algo tem que ser posicionado muito precisamente ou rotacionado num ângulo exato, como no caso destas prensas. Um motor de passo ao fim de x passos (o número varia de acordo com o motor) completa uma volta, sendo o número de passos o que define o ritmo do alimentador, que está a fornecer a chapa. Os passos podem ser controlados digitalmente.

Igualmente, de forma a controlar os passos, a sensorização destes será feita com recurso a sensores, sendo definido o passo certo por processo que, caso exista um desvio do definido - tendo de haver um intervalo de passo definido previamente - fará com que a máquina pare e obrigará o operador a ter de acertar o passo, resolvendo o desvio ao processo e evitando futuros erros / atrasos.

### **3.2.6.2. Manutenção da ferramenta por nº de pancadas – através de sensores**

Sobre a alteração da periodicidade da manutenção – que em vez de ocorrer em intervalos regulares, será realizada de forma preditiva pelo número de pancadas – terá de ser definida uma gama de valores limiares: a cada X pancadas, o sistema notificará os responsáveis que é necessário ocorrer uma intervenção de manutenção preventiva.

Adicionando sensores à maquinaria, na passagem de manutenção planeada por periodicidade para manutenção planeada por número de pancadas, começar-se-á por definir que a manutenção planeada será feita de acordo com o número de pancadas correspondentes (em média), ao período de tempo entre manutenções. Para clarificar o processo, apresenta-se um exemplo: se um módulo, atualmente, tem uma manutenção mensal, e sabe-se que, para aquele módulo, em média, num mês, há uma ocorrência de 1.000 pancadas, as 1.000 pancadas serão, inicialmente, o número de pancadas em que se fará a manutenção planeada.

Com o passar do tempo e o histórico que vai sendo obtido, tendo a relação módulo / número pancadas / avarias detetadas /peça ajustar-se-á de forma contínua a manutenção planeada por número de pancadas. Serão necessários um contador a fornecer informação para dois campos: um campo para a contagem do número de pancadas / módulo / referência peça, que servirá para quando chegar ao limite definido (por exemplo, em cada 10000 pancadas despoletar uma notificação para manutenção planeada, e após esta recomeçar a contagem do zero), e um segundo onde se regista as contagens do número pancadas / número peças / módulo ao longo da vida deste (histórico esse de significativo valor para, posteriormente, analisar).

### **3.2.6.3. Função da base de dados no projeto**

Para que as melhorias do processo apresentadas sejam possíveis, através da implementação do projeto *Smart Press*, torna-se imprescindível que existam bases de dados que permitam executar o novo processo de validação das referências da ferramenta e bobine, assim como chamar o programa, aquando novas produções, fazer localizações automáticas e permitir todo o dinamismo de comunicações e gestão que o novo projeto necessita.

Estas informações são essenciais, também, para o trabalho necessário após a recolha de informação feita pelos sensores, que irá permitir que se passe a fazer uma manutenção preditiva pelo número de pancadas, o que será um passo essencial no novo processo para atingir os resultados propostos por este projeto.

Logo, é necessário que a base de dados relacione a ferramenta e material à referência da peça e localize a ferramenta e bobine, associadas a esta. Outra etapa que no processo se torna essencial é registar o número de pancadas por módulo da ferramenta, de forma periódica, por exemplo, de 5 em 5 minutos.

#### 3.2.6.4. Função do SAP PM no projeto

Em relação ao SAP, este receberá a informação e terá, neste projeto, a função de gerar notificações para manutenção planeada quando o número de pancadas lido na máquina igualar o número parametrizado, criando a possibilidade de aumentar o número de peças a produzir para preparar manutenção planeada.

Este conjunto de ações permitirá ter a passagem para uma manutenção em função do número de pancadas, a redução de custos de manutenção, melhoria de OEE e redução dos danos causados nas ferramentas.

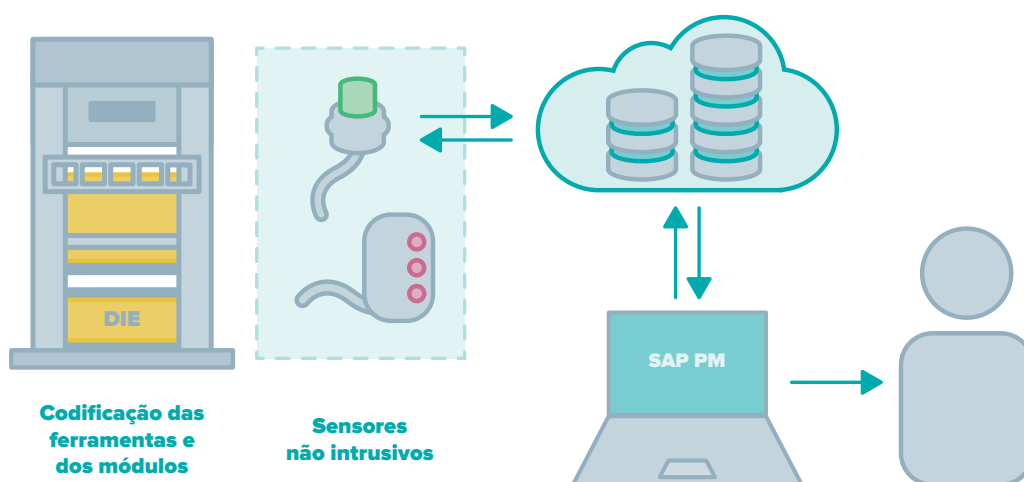


Figura 23- Relação entre prensa, sistema e passagem de informação

Em termos de ordem de implementação, devido à complexidade do projeto pelos vários fatores a implementar que lhe estão associados (em diferentes áreas), decidiu-se começar por implementar a fase considerada mais prioritária - a codificação das ferramentas e módulos, e a implementação de sensores que consigam identificar o número de pancadas, sendo que só depois destes passos implementados se procederá às demais funcionalidades.

Em resumo, o papel dos sensores na primeira fase, assim como demonstrado na figura 23, levarão a uma codificação da ferramenta e dos módulos. Posteriormente, ocorrerá a aplicação de sensores não intrusivos (procurando um conjunto caixa / *kit* que possa ser replicável nas outras prensas), uma vez que estes sensores emitirão, então, informações para base de dados ou *cloud*. A informação estará disponível, podendo ser consultada, designadamente nos Tablets, e auxiliará o SAP PM a gerar notificações e relatórios, consoante os dados que lhe chegarem.

## Por Módulo de Ferramenta

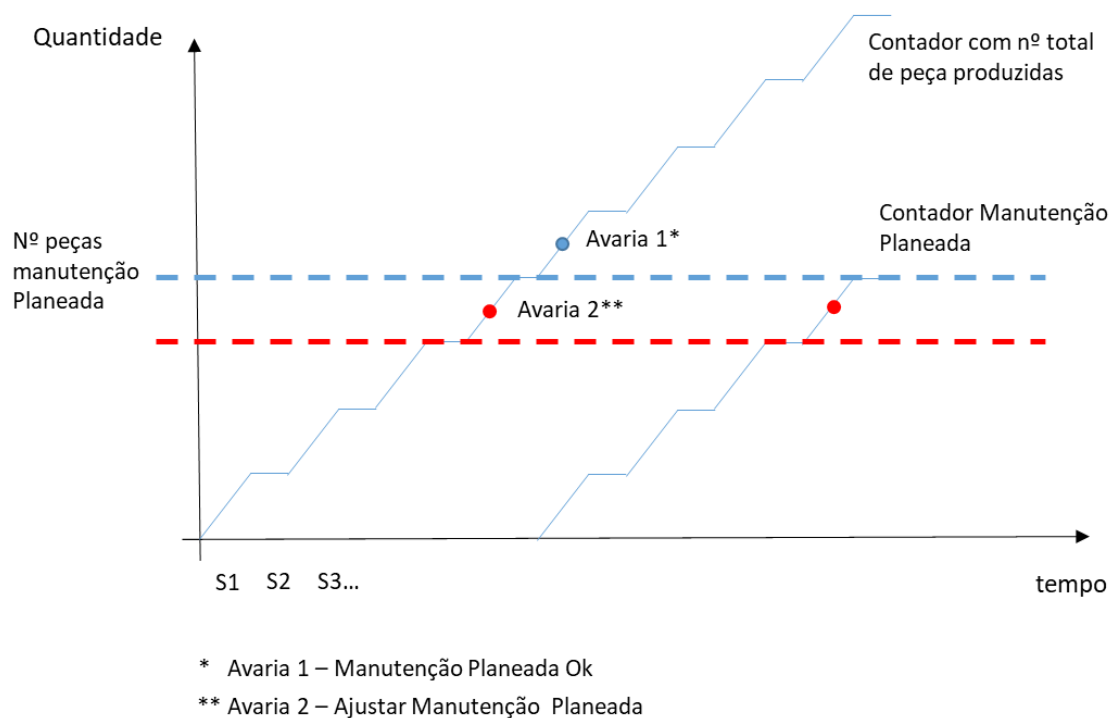


Figura 24 - Gráfico representativo de um exemplo de ajuste de manutenção

Ao controlar o número de pancadas, e sabendo o histórico de avarias, podemos ir ajustando de quantas em quantas pancadas é feita a manutenção planeada.

### 3.3. SAP PM

De forma a suportar a equipa de manutenção, aumentando a rapidez, eficiência, produtividade e o uso de aplicações inteligentes na manutenção curativa, preventiva e autónoma, é necessário um sistema que interligue as coisas.

Atualmente, existem diferentes sistemas não interligados para colmatar as diferentes necessidades da manutenção. Há informação duplicada e várias incongruências, tornando a informação pouco fiável. Por vezes, o sistema não é muito prático. Por isso, surge a necessidade de um sistema integrado de gestão para a manutenção, que iremos denominar a partir de agora como SAP PM.

Importante também notar que a existência do SAP, neste caso, é o que vai permitir implementar o projeto *Smart Press* e o que dá origem à solução de mobilidade *Tablet Solution*.

#### 3.3.1. Processos da manutenção

De forma a aferir o que o novo sistema deve permitir fazer, começou-se por analisar os processos existentes dentro da manutenção. Através dos fluxogramas seguintes podemos perceber quais os diferentes processos que decorrem na manutenção e que funcionalidades será necessário ter no sistema, sendo que parte dos passos do esquema são físicos e a outra realizada no sistema. Estes esquemas já foram construídos de acordo com o que se pretende para o futuro, sendo que em alguns processos foram otimizados com a implementação do novo sistema.

### 3.3.1.1. Manutenção externa

Existem diferentes tipos de manutenção (por exemplo, curativa ou preventiva). E os diferentes tipos de manutenção podem ser feitos por técnicos internos ou externos. Sendo que, no caso de serem feitos por técnicos internos, da organização, como iremos explicar no processo no sistema mais adiante, são designados como Subprocesso manutenção preventiva e Subprocesso manutenção curativa. No caso de ser por alguém subcontratado, ou seja, externo, trata-se de uma manutenção externa.

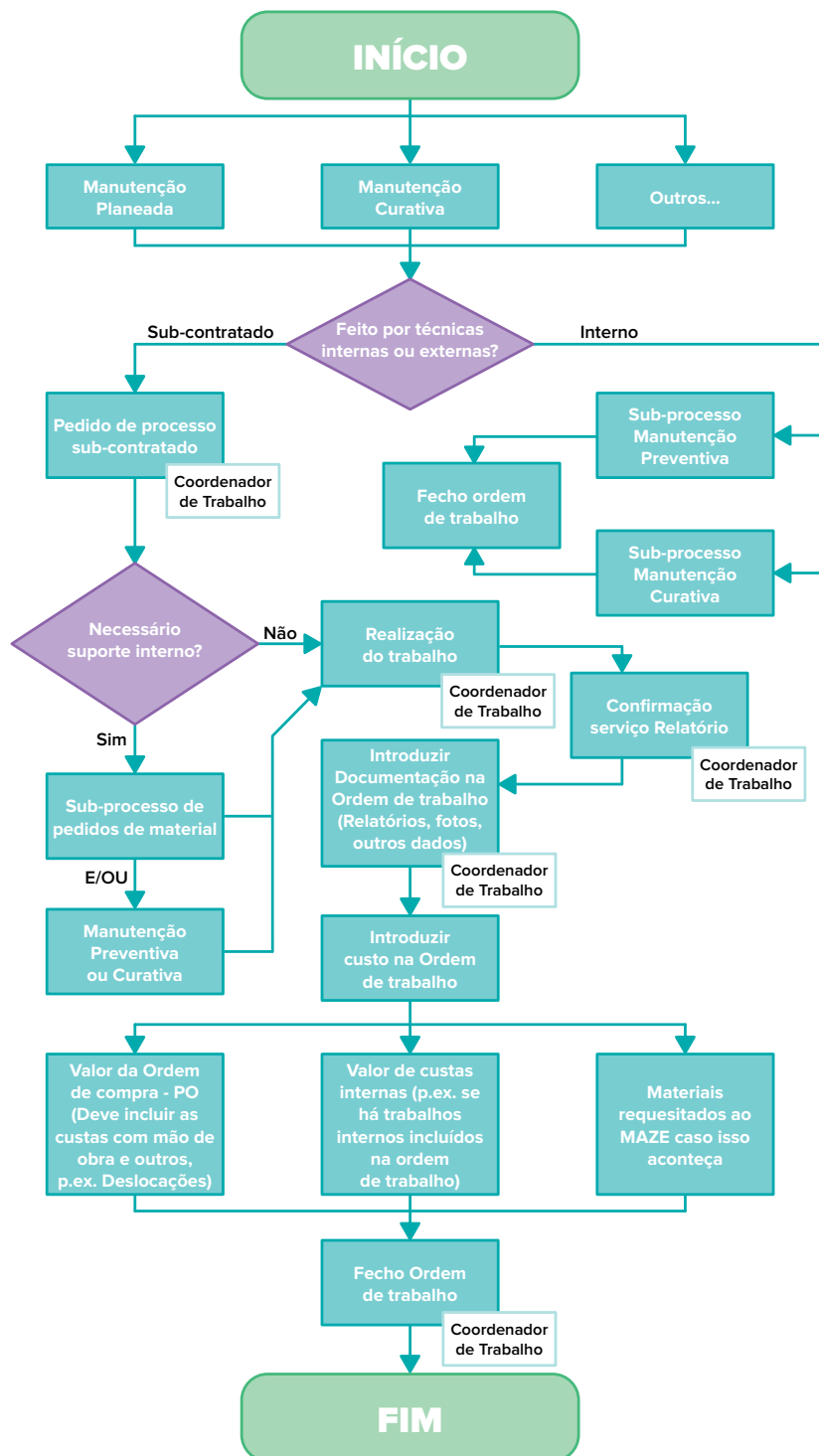


Figura 25 - Manutenção externa

Neste caso o coordenador do tipo de manutenção em questão terá que fazer um pedido de processo subcontratado. À semelhança de outros tipos de manutenções, é necessário pensar se é necessário suporte interno, seja, material ou de um técnico. Nesse caso, incluirá um subprocesso de pedidos de material e / ou de manutenção preventiva ou curativa (processos explicados neste capítulo).

Após analisar esse ponto, e sendo que já temos o(s) técnico(s) externos e recursos necessários, dar-se-á a realização do trabalho. A pessoa que no caso ficar como coordenador do trabalho deverá confirmar o serviço e fazer um relatório, que deve ser introduzido na ordem de trabalho do mesmo. Neste caso, como o trabalho é feito por um externo, apesar do trabalho ter uma ordem como qualquer manutenção, a ordem deverá ser preenchida pelo coordenador de trabalho designado, que tem a formação necessária.

No relatório devem constar a ordem de compra (PO – *purchase order*), os custos da manutenção externa, tais como: materiais, técnico ou deslocações, bem como possíveis custos internos a nível de material, mão de obra ou outros.

Após a ordem estar preenchida pode-se proceder ao seu fecho.

### **3.3.1.2. Processo de reparação interna – na perspetiva do sistema**

O processo esquematizado é relativo a uma manutenção curativa – breakdown (o breakdown implica que envolveu uma paragem de funcionamento da máquina).

Dá-se início a este processo através de uma notificação de avaria, que o responsável da linha ou secção onde está o equipamento que avariou faz no sistema. Indica que se trata de um breakdown, ou seja, a máquina está parada e necessita de suporte da manutenção.

A notificação fica associada à lista de notificações da área requerente (à área da máquina) e também surge na lista de notificações da manutenção, a qual os técnicos de manutenção consultam e resolvem pelos critérios de urgência, criticidade da máquina e ordem temporal. Ao mesmo tempo, por ser um processo de breakdown, logo crítico, ocorre o envio de mensagem com a notificação para os técnicos.

Os técnicos são informados da notificação (a qual terá a descrição do problema / causa da avaria que o operador detetou ou sugere como causa) e avaliam se é, ou não, algo que envolva a intervenção da manutenção (processo de filtragem). Caso não envolva, rejeitam e explicam, o que será atualizado na lista de notificações da área requerente.

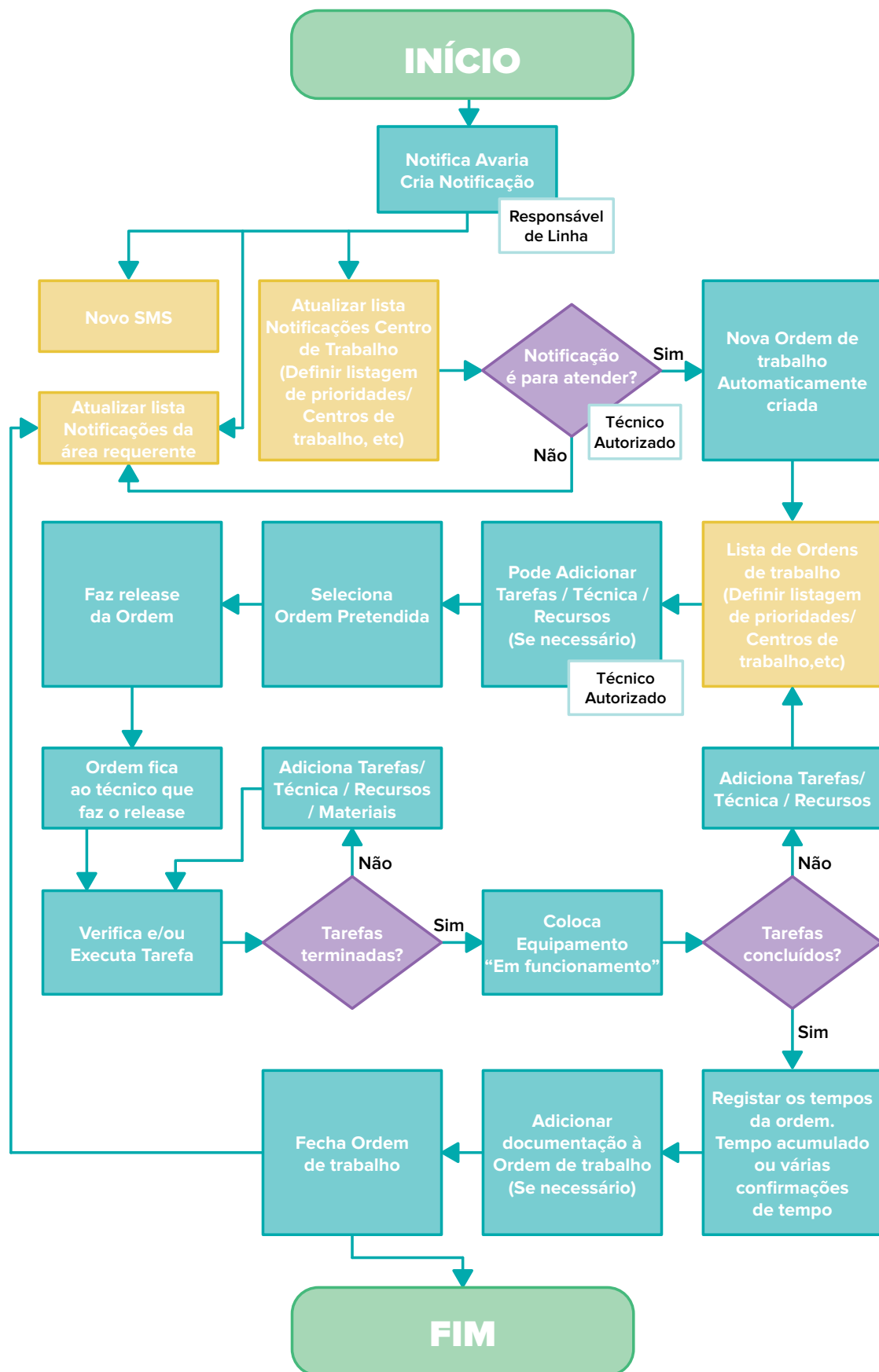


Figura 26 - Processo de reparação interna



Na maioria dos casos é para atender e segue o processo, a notificação passa para a lista de ordens de trabalho, o técnico pode selecionar a ordem e fazer o *release*, ficando automaticamente associado a quem fez o *release* e de como a ordem está em execução (o que significa que o técnico está a trabalhar nessa ordem / resolver essa avaria). Ao analisar e efetuar a manutenção, o técnico terá a possibilidade de adicionar recursos ou chamar outros técnicos em qualquer altura, caso considere necessário para dar suporte (nesse caso, qualquer um destes tipos de recursos ficam no histórico da ordem respetiva).

Após todas as condições reunidas, o técnico verifica, realiza a manutenção e coloca o equipamento em funcionamento (indicando no sistema que o equipamento passou ao estado de funcionamento). No caso de fazer tudo o que acha necessário para resolver o problema e não surgir nenhuma tarefa que observe ser pertinente fazer no futuro, o técnico procede ao registo do tempo que gastou naquela ordem, adiciona documentação, caso seja relevante e fecha a ordem. Caso verifique tarefas que acha necessário fazer naquele equipamento e não seja oportuno/essencial fazer no momento, adiciona essa tarefa à lista de ordens e fecha a ordem de trabalho.

#### **3.3.1.3. Manutenção curativa – não breakdown**

No caso de ser uma manutenção curativa, mas que não esteja a máquina parada no momento (ou seja não é breakdown), o processo é exatamente igual ao descrito anteriormente, com a diferença que ao ler a notificação não estará indicado como breakdown e não despoletará uma mensagem automática para os técnicos.

#### **3.3.1.4. Manutenção planeada**

Em relação à manutenção preventiva, é uma manutenção do tipo planeada, que pode ser planeada de forma sistemática ou condicionada. Considera-se aqui planeada de forma sistemática, a planeada por período de tempo (por exemplo, de forma trimestral), enquanto a condicionada é, por exemplo, pelo número de batidas de uma prensa (também denominada preditiva).

No caso destes tipos de manutenções, é importante que o sistema permita colocar planos de manutenção relativos aos diferentes equipamentos / localizações funcionais, e que com uma antecedência pré-definida pelo responsável por planear a manutenção preventiva.

O sistema deve lançar notificações para efetuar manutenções preventivas, as quais serão vistas nesta fase apenas pelo responsável que poderá planear trabalhos / ordens, implicando um trabalho de gestão em que apenas parte é relativa ao sistema: quando serão realizadas, por quem, com que recursos, o que é mais importante, entre outros. Essa análise é feita ao longo do tempo e permite que o responsável faça a gestão das manutenções preventivas a efectuar, da forma que considera mais adequada, atualizando a lista de ordens de trabalho, a comunicar posteriormente.

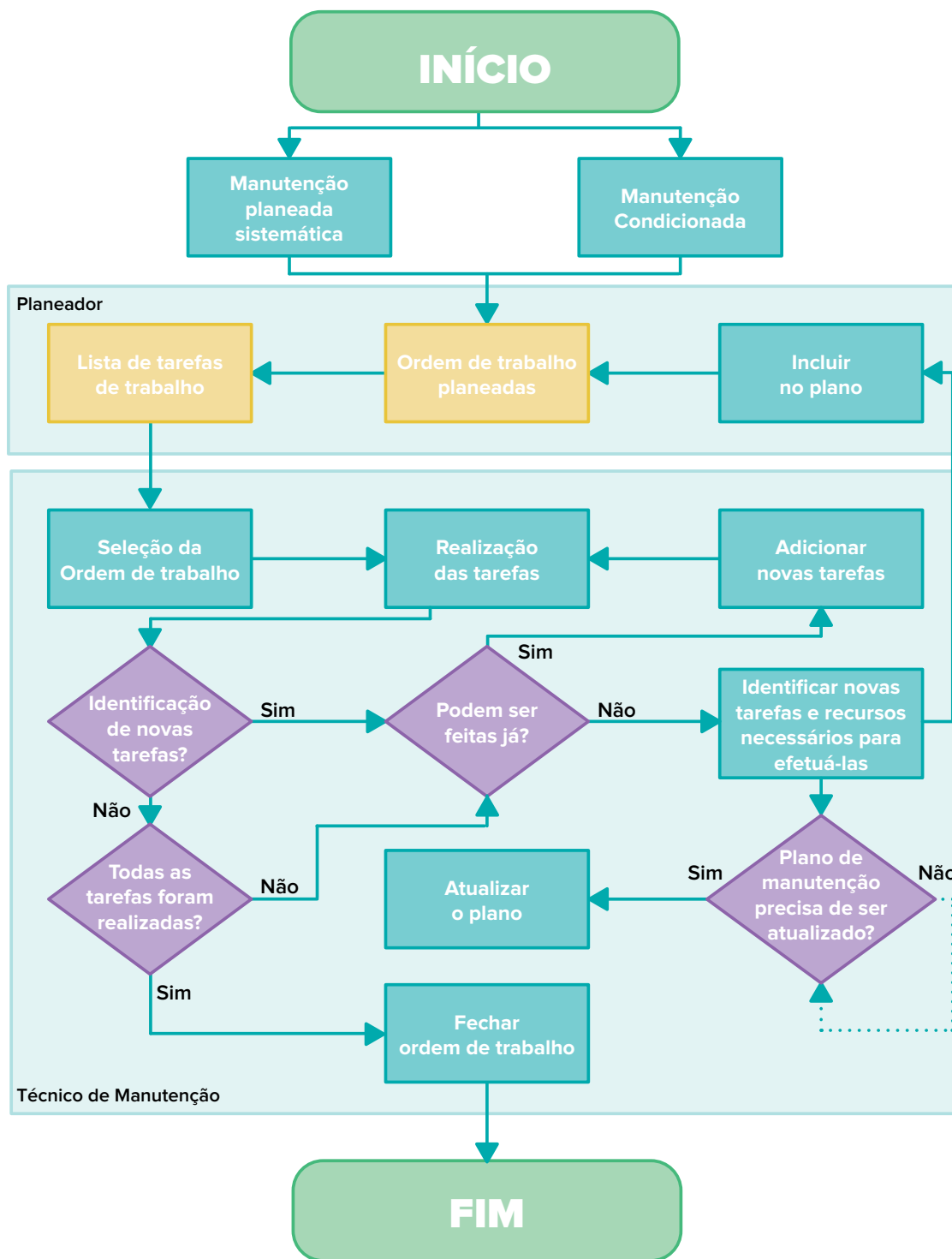


Figura 27 - Manutenção planeada

O técnico deve ir à lista de ordens de trabalho, ver as que lhe pertencem, seleccionar a ordem e executar as tarefas planeadas. Registe-se que para este tipo de manutenções, como são planeadas, por norma há um *kit* do material que está planeado, devidamente separado.

Caso, ao realizar as tarefas propostas pelo plano, identifique outras ações que precisam de ser feitas naquele equipamento, deve tentar aproveitar para as executar também. Sendo necessário, pode pedir auxílio a outros técnicos ou requisitar material.

Na eventualidade de existirem novas tarefas, mesmo que não sejam para executar de imediato, pode adicionar como tarefas e recursos associados para poder concretizar o trabalho, seguindo para a lista de ordens a completar. Surge, nestes casos, a dúvida se esta é uma questão pontual ou se se deve alterar aquele plano de manutenção. Caso o técnico entenda que sim, deve comunicar, cabendo a decisão final ao responsável da área que, caso aprove, o atualize; caso desaprove, cancele.

Finalmente, deve verificar se as tarefas estão todas concluídas. Quando não, e seja possível executá-las, deve terminar e, após isso, fechar a ordem de trabalho. Pode também acontecer que por indisponibilidade de tempo necessário para efetuar todas as tarefas da manutenção preventiva, que nem todas sejam concluídas. Nesse caso, adiciona essas tarefas em falta à lista de ordens para depois se realizarem.

#### **3.3.1.5. Manutenção autónoma**

A manutenção autónoma segue o mesmo processo que a manutenção preventiva, uma vez que ambas são planeadas. A diferença é que este tipo de manutenção é efetuada pelos operadores e não pelos técnicos de manutenção.

Tal como na manutenção preventiva, em caso de precisar de apoio de outro técnico ou de material, pode pedir ou requisitar e deve ter essa possibilidade também no próprio sistema, para que fiquem associados a essa ordem de trabalho os recursos e custos implicados. Neste caso, a gestão é feita por um engenheiro de processo, responsável da linha / célula, ou por alguém que seja designado especificamente para essa função. Fica com a responsabilidade de planejar e, inclusivamente, agir da mesma forma que o responsável pelo planeamento da manutenção preventiva. Incumbe-lhe ter o material já preparado, as tarefas e tempos planeados, assim como ter definido quem as vai realizar.

#### **3.3.1.6. Requisição e levantamento de material MAZE para manutenção**

Se, no decurso de uma manutenção, o técnico identificar a necessidade de requisitar material, coloca-a na ordem de trabalho e cria a reserva desse material. Se existir *stock*, cria-se a transferência do material. Este passa a consumido no *stock* do MAZE e segue para a central de pedidos do MAZE, para que os funcionários separem o material para ser levantado pelo técnico.

Na circunstância de se tratar de uma ordem de breakdown, como tem maior prioridade a intervenção, a separação do material para essa ordem passa a ser prioritária. É logo impressa a etiqueta associada a esse pedido, de forma de agilizar a entrega do material mais urgente e, por outro lado, avisar o funcionário do MAZE que recebeu um pedido de material para breakdown.

Para a preparar esta ação, o funcionário observa os pedidos na central, seleciona o pedido, separa o material e imprime a etiqueta da ordem de trabalho associada (caso não seja breakdown e ainda não tenha sido impressa), e entrega o material.

Por outro lado, se o sistema, ao analisar se existe *stock*, concluir não existir, deve gerar uma ordem de compra e processo de receção de MAZE do material.

Há casos de entrega de requisição de material para manutenções preventivas. Aqui, a reserva é feita da mesma forma, mas com a devida antecedência pelo responsável, e já fica preparada para a intervenção. De qualquer forma, mesmo neste tipo de intervenções, caso o técnico necessite de requisitar algum material durante a intervenção na ordem, segue o procedimento esquematizado acima.

### 3.3.1.7. Requisição e levantamento de material sem código MAZE

O material existente sem código MAZE, ou seja, material que não se encontra em armazém da manutenção e existe a necessidade de encomenda, origina pedido de material indireto ou pedido de material a custo. Nestes casos, ao identificar a necessidade do material, o técnico pede a mesma na ordem e depois o MAZE, ou o responsável, faz o processo de compra a custos. O que muda é que o material não está logo disponível no MAZE.

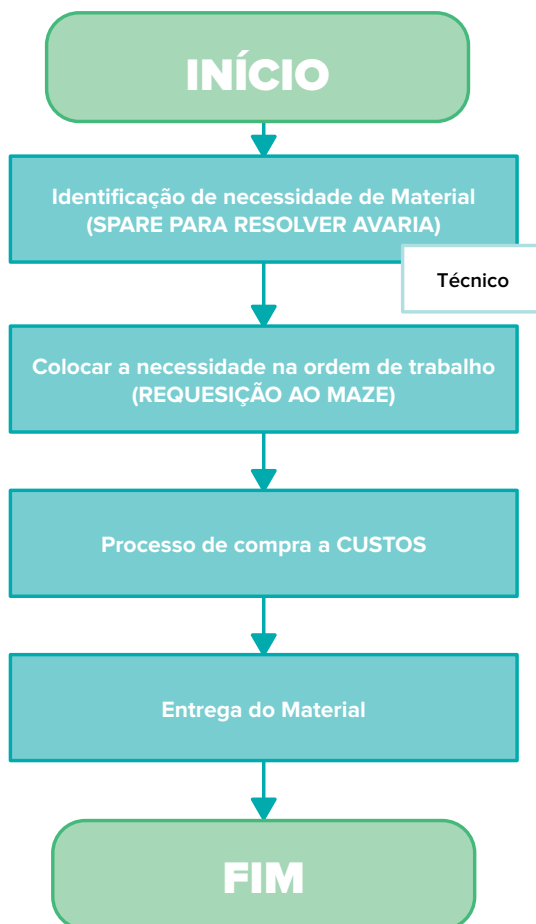


Figura 28 - Requisição e levantamento de material sem código MAZE

### 3.3.1.8. Devolução de material – *Spare Part to Return*

Ao levantar o material do MAZE o sistema considerado-o, em termos de *stock*, como consumido. Ao ser entregue ao operador é acompanhado de uma *picking list*, ou seja, uma lista dos materiais, quantidades, ordem associada ao levantamento, máquina e técnico.

Caso, por algum motivo, o material levantado não seja todo consumido, o utilizador entrega as peças ao MAZE com a *picking list* atualizada (quais as peças a devolver e qual a ordem) e fecha a ordem de trabalho. O MAZE, ao receber, valida a devolução. No sistema devolve ao *stock*, realizando as transações de devolução e recoloca os materiais no lugar.

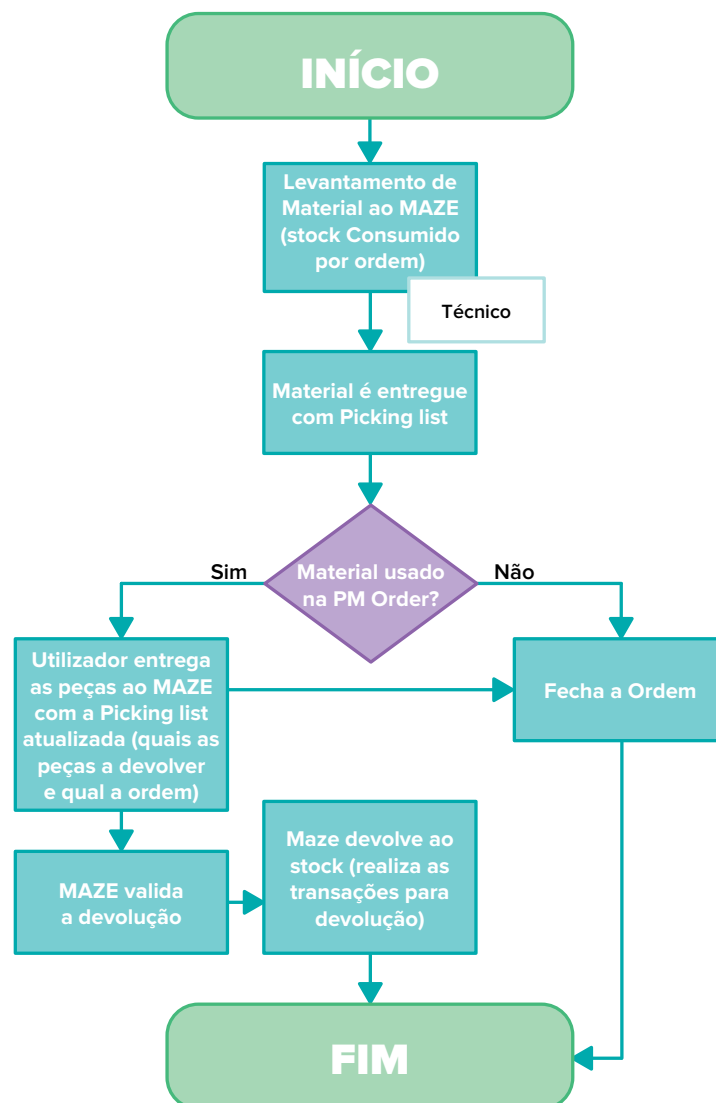


Figura 29 - Devolução de material – *Spare Part to Return*

### 3.3.1.9. Refurbishment de peças reparadas

Para qualquer tipo de manutenção em que se deteta uma peça com problema é necessário ver se a peça tem de ser substituída ou não. No caso de se poder reparar e não ser necessário substituir, realiza-se logo a reparação da peça e fecha-se a ordem. Caso seja necessário substituir a peça, procede-se a uma requisição de nova peça para substituição e depois fecha-se a ordem. Neste caso - em que a peça foi substituída - é necessário avaliar se deve ser reparada depois ou não.

Em termos afirmativos, deverá gerar-se uma nova ordem de trabalho Refurbishment. A reparação pode ser feita internamente ou por um fornecedor externo.

No caso de ser interno, o técnico repara a peça e regista o custo na ordem de trabalho (materiais e tempo do técnico).

Se for decidido que a reparação é efetuada por um fornecedor externo, o técnico deve entregar a peça em MAZE. Depois o MAZE procede a um processo de contratação de reparação e vai para reparar. No regresso, o responsável pela ordem regista também os custos na ordem. Ao ter a peça novamente no MAZE, faz-se a transação de entrada da peça em *stock* e fecha-se a ordem.

No caso de não compensar reparar, é preciso avaliar se vai para a sucata ou para uma posterior análise na Wear Tabela (mesa onde se coloca o material para avaliar melhor se dá para arranjar ou não). Põe-se em marcha a solução encontrada e fecha-se a ordem.

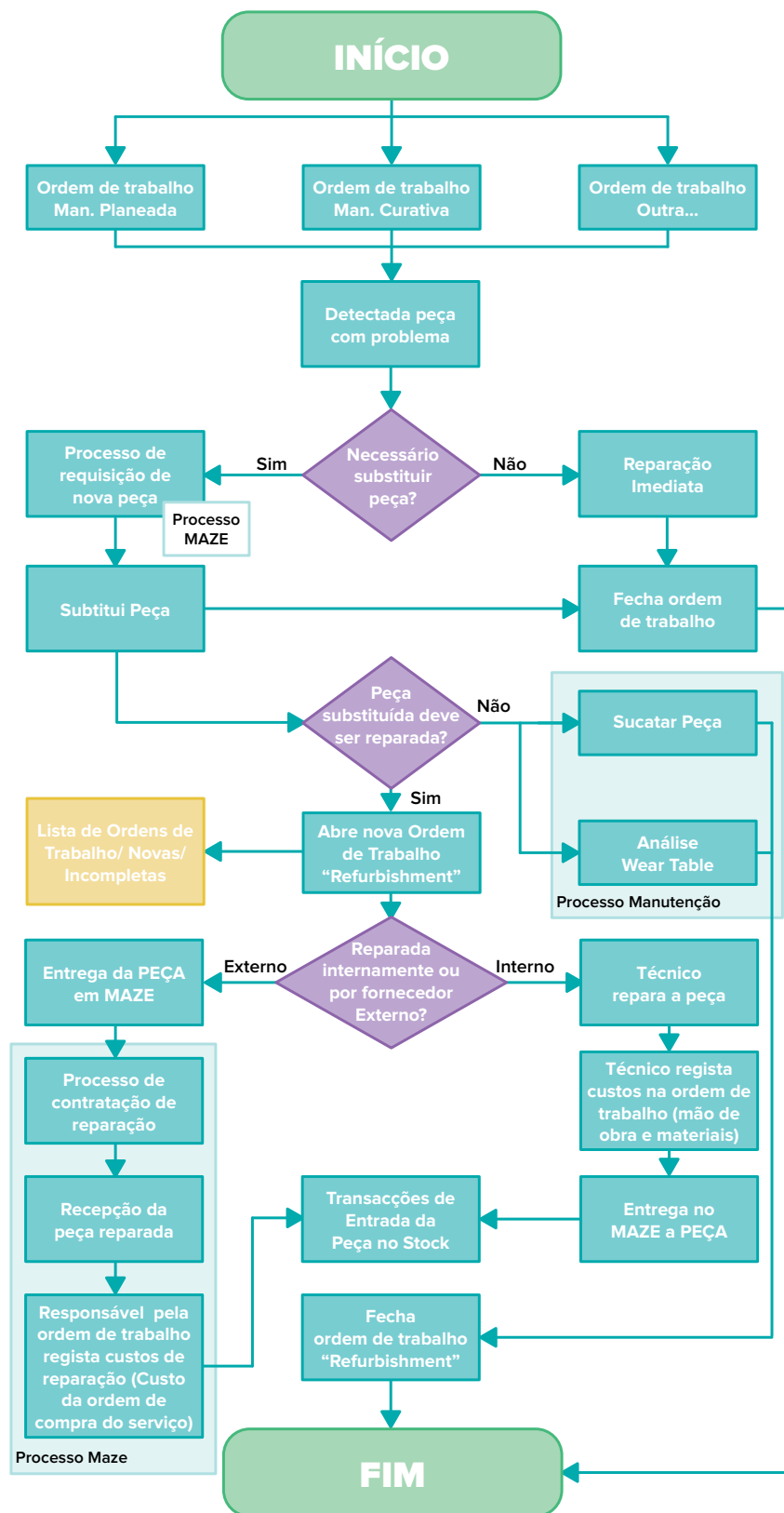


Figura 30 - Refurbishment de peças reparadas

### 3.3.2. Requisitos do sistema

Com base no conhecimento de como funciona o passo a passo, cada processo levou à escrita dos requisitos do sistema, tendo em conta os processos e dados relativos à manutenção.

Tendo em conta a quantidade de informação com que o documento ficaria se incluísse tudo, ir-se-á descrever os requisitos e plano de testes relativos a um exemplo, e o restante encontrar-se nos anexos 8 ,9 ,10 e 11 acreditando que desta forma dará para compreender como funcionou todo o processo.

A tabela 5 descreve os requisitos que são necessários no sistema relativos a uma manutenção curativa. Isto é, apresenta o que é necessário, e possível, no processo da manutenção curativa. Identifica também mais algumas possibilidades requeridas pela equipa, como a possibilidade de aceder a documentos técnicos do equipamento, capazes de auxiliar os técnicos ao realizar o trabalho, se necessário.

Tabela 5 - Requisitos referentes ao processo de manutenção curativa

Manutenção Curativa
Sempre que o equipamento necessite de reparação o operador deve criar uma notificação do tipo não planeada, no SAP. No background do sistema deve ser criada uma ordem, após o técnico entrar e aceita a notificação.
Ao criar uma notificação o colaborador deve ter a possibilidade de preencher os seguintes campos: Equipamento ou Localização Funcional Qual o centro de trabalho dentro da manutenção (por exemplo, elétrica, mecânica, serralharia, ...) Causa do problema Comentários Se é uma avaria do tipo breakdown ou não (se a máquina está parada devido a isso ou não) Data, com dia e hora, em que a avaria iniciou
Notificações não planeadas devem ser aceites no sistema por um técnico de manutenção, despoletando a criação automática de uma ordem de trabalho no sistema, a qual fica associada ao técnico
Notificações não planeadas – breakdown devem gerar o envio de mensagem para os técnicos alocados ao centro de trabalho identificado na notificação
O técnico ou responsável pelo plano de trabalhos deve ter a possibilidade de adicionar técnicos, ou recursos à ordem, se necessário.
O técnico deve ter possibilidade de aceder a documentação, troubleshooting ou outros documentos do equipamento/ peças
O técnico deve ter possibilidade de parar a ordem, caso tenha que se ausentar ou intervir noutra mais prioritária.
O técnico deve poder encerrar as ordens
Caso o técnico detete tarefas que sejam importantes fazer na altura, mesmo que não diretamente para resolver a manutenção poderá fazê-lo. Ou caso detete e queira identificar para se fazer no futuro poderá criar uma ordem para que essas tarefas sejam feitas posteriormente.

### 3.3.3. Plano de testes

Após ter-se reunido os requisitos para cada processo, procedemos à descrição do plano de testes. O plano de testes é a descrição step by step do que o sistema deve permitir, ou mesmo o que não deve, para cada caso / processo. Plano este que será testado antes da implementação. Para tal usou-se um template oferecido pela informática, de forma a ser o adequado para depois se criar o sistema.

#### Plano de testes – manutenção curativa

Do template dos planos de teste, os campos que tinham que ser preenchidos por parte da equipa da manutenção correspondiam a alguns campos apresentados no Anexo 1.

Como se pode consultar no Anexo 1, o plano de testes deve conter os níveis de teste, para o exemplo cadeia do processo, onde está inserido o processo de manutenção não planeada, que tem dois tipos de subprocessos: processos com indicador breakdown ou sem indicador breakdown (como vimos na descrição do processo).

Contém também o campo de *Business Scenario*, colocado no subprocesso em causa. Representa a ordem de manutenção, a numeração das etapas, o que é necessário acontecer e se é possível ou não acontecer para cada uma dessas etapas, aguardando o resultado esperado.

Deste modo, tudo o que está nos planos de teste segue o sentido dos processos e dos requisitos, demonstrando tudo passo a passo. É com base nestas circunstâncias que se testa se o sistema fará o que pretendemos, podendo aparecer descrições pormenorizadas de como será “possível editar, visualizar, abrir ou fechar”.

O processo em si dos testes é apresentado na parte da descrição da etapa, assim como o que é esperado no campo seguinte.

### 3.3.4. Análise, segmentação e preparação dos dados mestre para o SAP PM

Paralelamente ao processo para definição e construção do SAP PM, urge pensar quais os dados e informações presentes no sistema para que tudo funcione corretamente. Assim, em simultâneo, decorreu todo o trabalho de preparar os dados mestre para migração.

Primeiro foi necessário definir o tipo de dados / informação relacionados com a manutenção ou outros dados que fossem necessários para que o que for preciso fazer do processo a nível de sistema esteja operacional e haja sucesso no projeto. Estes são apresentados na figura 31, apresentada de seguida.

Posteriormente, será explicado em que consiste cada dado mestre que se considerou necessário ter para o funcionamento do novo sistema e o que teve de ser feito em cada caso.



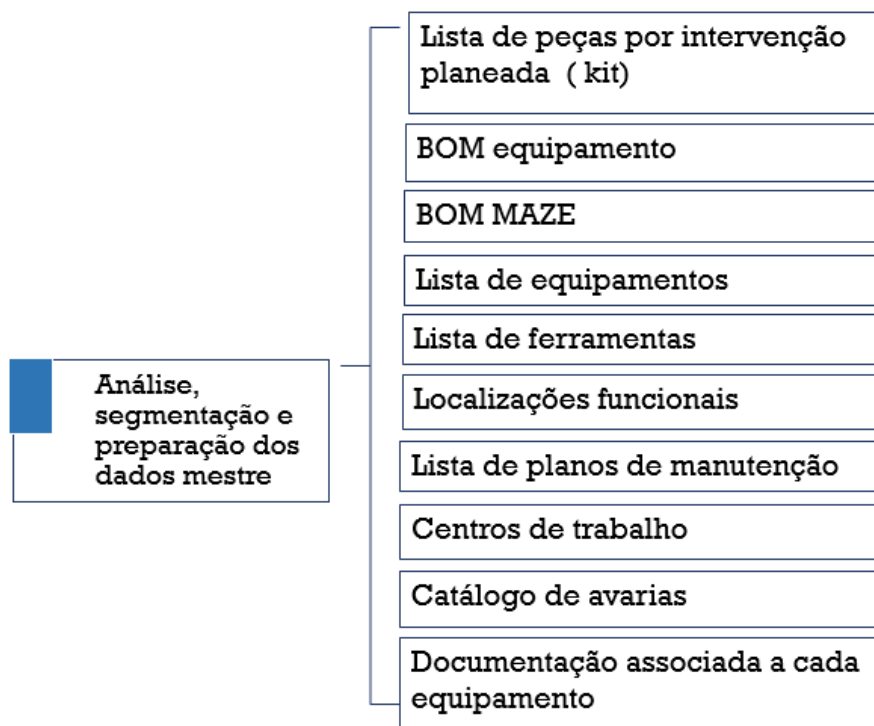


Figura 31 - Componentes planeados para o SAP

### 3.3.4.1. Lista de componentes para *kits* de prevenção por número de inventário

Um dado mestre essencial para a manutenção é a informação relativa aos *kits* de material (conjunto de materiais) para manutenções planeadas preventivas. Assim recolheu-se, analisou-se e, após verificar a informação acerca dos planos (retirando os desatualizados, de máquinas abatidas ou desatualizados, entre outros), colocou-se esse conjunto de material, denominado BOM (*bill of materials*) num template com os campos importantes. Tudo com designação da ordem de trabalho programada, frequência com que deve ocorrer, componentes e respetivo código, quantidades e respetivas unidades de medida.

Na Tabela 6, apresentada abaixo, exibe-se o template para onde se passou a informação, de forma a compreender melhor. Por exemplo, para uma revisão mecânica a um eixo de uma máquina, que deve ser feito de 720 em 720 dias, deve-se utilizar o veio MY135DP2 P.14, com referência 7181802351 no sistema, sendo que, para a intervenção, deve ser preparada uma unidade, ou seja, um veio para este *kit*.

Tabela 6 - Componentes para *KITs* de intervenção

Descrição de ordens de trabalho programadas	Frequência (dias)	Componente	Código do componente	Quantidade	Unidade de medida
Revisão Mecânica Braço	720	Veio MY135DP2 P.14	7181802351	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.10	7181802352	3	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.4	7181802353	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.5	7181802354	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.6	7181802355	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.7	7181802356	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.8	7181802357	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.9	7181802358	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.10	7181802359	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.11	7181802360	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.12	7181802361	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6005	7181802362	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6007	7181802363	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 5007	7181802364	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 5008	7181802365	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 800	7181802366	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6010	7181802367	4	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6011	7181802368	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6012	7181802369	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6013	7181802370	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X20	7181802371	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X21	7181802372	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X22	7181802373	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X23	7181802374	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X24	7181802375	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X25	7181802376	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X26	7181802377	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X27	7181802378	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X28	7181802379	1	un
Revisão Mecânica Braço	720	Parafuso M6X29	7181802380	4	un
Revisão Mecânica Braço	720	Corrente 3/8 Simples	7181802381	3	un

### 3.3.4.2. BOM por equipamento

A BOM por equipamento consiste na lista de peças que temos de determinado equipamento. É diferente da BOM por plano de manutenção, que contém apenas conjunto de peças do equipamento que podem ser necessárias e respetivas quantidades para aquele plano em específico. Já a BOM para o equipamento é a listagem de todos os componentes do equipamento e respetivas quantidades no mesmo.

No entanto, não existe para todos os equipamentos essa informação completa. Caso exista, ficará na BOM de equipamento e mesmo que a listagem do equipamento não esteja completa, todos os componentes conhecidos relativos a cada equipamento estarão neste documento. Neste caso, os campos necessários é o número do equipamento, a descrição do componente, a quantidade na máquina e a unidade de medida respetiva.

Tabela 7 - BOM por número de inventário

Nº de Inventário	BOM componente	Quantidade	Unidade
1000000068	Bomba doseada silicone	2	un
1000000069	Lampada Dulux L 18W	4	un

### 3.3.4.3. BOM MAZE

O BOM ( *bill of materials*) do MAZE é o conjunto de lista de materiais que existe no armazém do MAZE, como peças de equipamentos, componentes, materiais auxiliares, como óleo, ferramentas, entre outros. No caso do MAZE o material já é gerido num sistema SAP, sendo que até tem uma referência SAP – código SAP). Ao preparar-se esta BOM reuniu-se informação sobre todos os materiais armazenados no MAZE, com respetivo código SAP, descrição, armazém em que está, local dentro do armazém, número de equipamento a que está associado, nome desse equipamento, localização do mesmo, secção e campo para colocar se o mesmo ainda se encontra em serviço ou não. Apresenta-se uma amostra desta listagem no anexo 3 para se perceber melhor.

### 3.3.4.4. Lista de equipamentos

A listagem dos equipamentos ativos da fábrica é um dado mestre essencial. Para isso teve que se cruzar informação de imobilizado e listas de inventário, de forma a analisar e distinguir entre o que era equipamento sujeito a manutenção (como máquinas), alterações deste, ferramentas, materiais de desgaste rápido, materiais de infraestruturas, entre outros.

Após uma longa e clara segmentação, e garantir que temos tudo bem segmentado, atualizado e toda a informação que é de manutenção correta e sem “ruído” procedeu-se à listagem de equipamentos com respetivas informações relevantes associadas.

Assim, encontra-se no anexo 4 para demonstrar que as informações que se selecionou para o sistema da manutenção, número de equipamento, designação do equipamento, data a partir do qual se tem o equipamento, se este é considerado um equipamento - máquina, ferramenta, geral ou outro, fornecedor e centro de custo a que pertence o equipamento.

### 3.3.4.5. Lista de ferramentas

Um dado mestre semelhante é a lista de ferramentas, a qual adveio da mesma análise e segmentação e foi feita a recolha de dados, tendo um template com o mesmo tipo de estrutura (disponível uma tabela exemplo para consulta no anexo 5).

### 3.3.4.6. Lista de localizações funcionais

Criação de uma estrutura de localização funcional, de forma a saber onde determinada coisa está, partindo da empresa onde está, para o edifício, dentro do edifício secção, dentro da secção linha ou célula, por exemplo. De forma a ser mais perceptível, apresentam-se na tabela 8 alguns exemplos.

Tabela 8 - Localização funcional

Localização Funcional	Descrição da localização funcional	Localização Funcional superior
8370	Main plant	
8370-AV101	Edifício AV101	8370
8370-AV101-S842	Secção 842	8370-AV101

#### 3.3.4.7. Lista de plano de manutenções

A listagem de planos de manutenção preventiva é um dado mestre. Para cada equipamento há um número de plano e, dentro deste, vários tipos de planos de manutenção preventiva associados ao equipamento, tais como manutenção mecânica trimestral, mecânica anual e elétrica, entre outros.

No entanto, existem outros campos. Podem incluir a designação da manutenção, a data da próxima tarefa, a localização funcional onde está o objeto de manutenção, bem como o número do equipamento, tipo de ordem (P – Preventiva, por exemplo). Incluem ainda o centro de trabalho, a prioridade, a planta onde está objeto de intervenção e qual o responsável pelo plano de trabalho associado, encontra-se um exemplo para consulta no Anexo 6.

#### 3.3.4.8. Lista de tarefas por plano de manutenção

Consiste na *check-list* de tarefas para determinado plano de manutenção, com o tempo e periodicidade associado a cada tarefa. Para além destas informações, é importante colocar informação que associe ao equipamento, como número de equipamento, e para interligar com informação de outros templates relacionada ter o número de plano e número de item desse plano assim como a designação (encontra-se no Anexo 7 um exemplo para consulta).

No SAP as listas de tarefas poderão ser criadas de modo específico para um equipamento ou localização funcional. Também podem ser criadas listas genéricas. No sistema atual, as listas de tarefas estão criadas e associadas a equipamentos.

#### 3.3.4.9. Catálogo de avarias

De forma a que o operador ao criar uma notificação de determinada avaria possa ter um conjunto de opções para selecionar, criaram-se tipos de avarias gerais que, em princípio, os operadores consigam identificar e relacionar, assim para as descrições mais comuns. Foi, portanto, criado um código de fácil perceção, associado às mesmas.

Seguem-se alguns exemplos ilustrativos.

Tabela 9 - Catálogo de Avarias

Grupo de Avarias	Código da Avaria	Descrição
PM-Elétrica	CE01	Falha de energia elétrica estabilizada
PM-Elétrica	CL01	Avaria na rede de climatização
PM-Mecânica	5SMC	Avaria mecânica
PM-Mecânica	REP	Reparação de fuga ar

### 3.3.4.10. Centros de trabalho

Para cada tipo de trabalho criou-se um centro de trabalho. Por exemplo, a manutenção elétrica é um centro de trabalho; já a mecânica é outro, apesar de serem ambos centros da manutenção. Assim, para os diferentes centros que devem ser necessários referir ao trabalhar no sistema de manutenção, desenvolveu-se um código, para representar essa unidade de trabalho de forma mais simples e para cada um deles associou-se o número do seu responsável.

Tabela 10 - Centros de Trabalho

Centro de trabalho	Descrição
MAN-GES	Gestão da manutenção
MAN-ELE	Manutenção elétrica
MAN-MEC	Manutenção Mecânica
MAN-EXTE	Manutenção Externa
ENG-GEST	Gestão de Engenharia
ENG-PROC	Engenharia de Processo
MAN-FERR	Manutenção Ferramentas
MAN-PROC	Manutenção Processo
MAN-SERR	Manutenção Serralharia

Para além destes dados mestres foram recolhidas informações como o histórico de avarias e a documentação técnica por equipamento para migrar para o novo sistema.

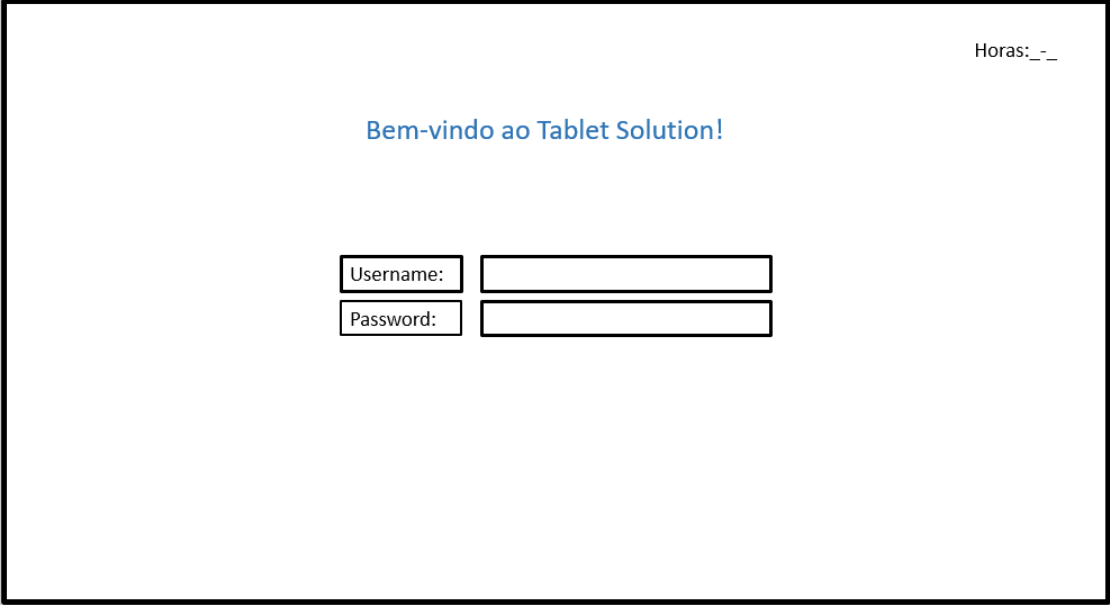
### 3.4. Tablet solution para a manutenção – solução de mobilidade

*Tablet solution* consiste no conceito de fornecer aos técnicos de manutenção Tablets, nos quais podem aceder, em qualquer momento e lugar, ao que precisam do sistema. Deste modo, otimiza-se o tempo de todos, de forma a usá-lo ao máximo na intervenção dos equipamentos, uma vez que o uso de Tablet evita deslocações à sala com computadores para trabalhar nas ordens ou procurar algo. É importante focar a sua *interface* nas funcionalidades que os técnicos realmente precisam para as intervenções, ficando simples e fácil de usar.

A aplicação do *Tablet solution* irá usar como base o sistema SAP e irá permitir que os técnicos tenham uma solução de mobilidade para usar o SAP no chão de fábrica.

Inicialmente pretende-se usar a *interface* do próprio SAP no Tablet (curto prazo) mas a médio prazo importa criar uma *interface* mais *friendly*. Assim, após os processos de manutenção, e ponderados os requisitos de forma a preparar uma interface futura, capaz de ser mais perceptível para todos, iniciou-se a análise do que seria necessário ter como funções na *interface* do *Tablet solution*. De seguida, mostra-se uma sugestão de *interface* e as suas funcionalidades. Importante referir que o desenho da *interface* teve por base o conceito de simplificação, apostando nas opções e foco nas possíveis necessidades que o técnico possa ter.

### 3.4.1. Desenho da sugestão de *interface* para o *tablet solution*



Horas: \_ \_

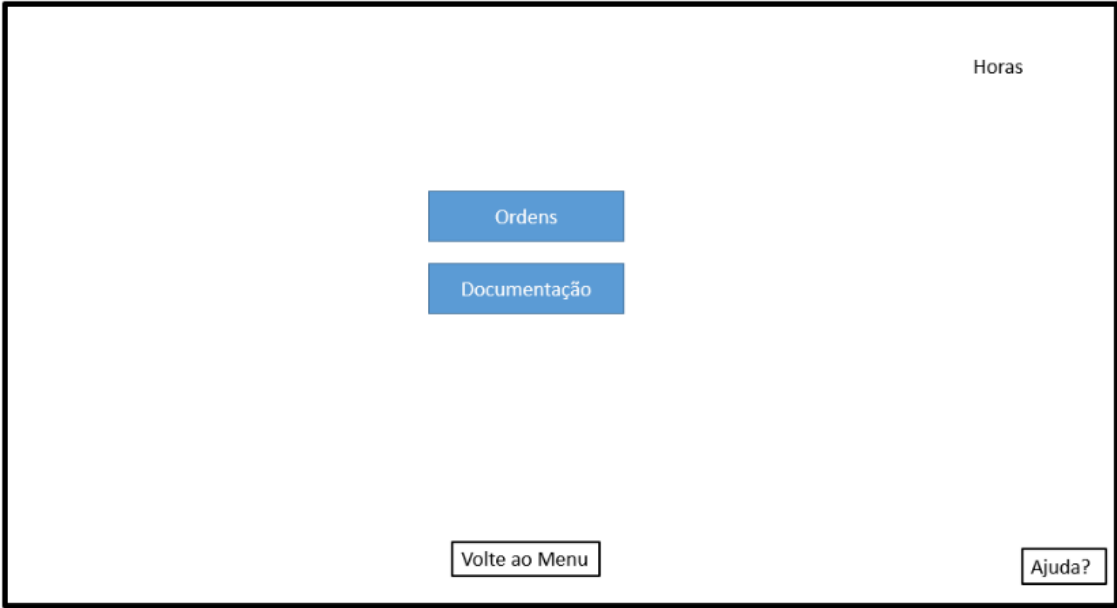
Bem-vindo ao Tablet Solution!

Username:

Password:

Figura 32 - Interface inicial *tablet solution*

Na figura acima está a primeira *interface* do *tablet solution*, começando apenas por pedir o *username* e *password* ao técnico.



Horas

Ordens

Documentação

Volte ao Menu

Ajuda?

Figura 33 - Menu inicial

Ao entrar surge um menu inicial bastante simples, com dois botões ao centro, em que um é para aceder às ordens de trabalho e outro à documentação. Apesar de simples, na prática, são os menus que poderão precisar de entrar para efetuar as manutenções, tendo opções possíveis dentro de cada um destes menus.

Horas

Ordens (lista)

Entrar	ID Ordem	Status	Centro Trabalho	Localização	Equipamento	Descrição
<a href="#">ENTRAR</a>		Duplo click....				

Criar nova ordem

Volte ao Menu

Ajuda?

Figura 34 - Lista ordens

Ao clicar no botão Ordens visualizará a lista de ordens de trabalho, sendo que para entrar é só clicar em entrar à esquerda.

Para decidir onde entrar a tabela das ordens mostra as informações que são necessárias: ID ordem, *Status* (por exemplo, “Por iniciar” ou “Em execução”), centro de trabalho a que pertence (por exemplo, mecânica), localização, equipamento e descrição da ordem.

A lista deve permitir fazer o filtro por qualquer dos campos, de forma ao técnico poder procurar por centro de trabalho, equipamento ou outro campo que lhe seja mais útil. De qualquer forma, deverá ser customizado pelo mesmo, o que surge em primeiro, consoante o filtro que fizer da última vez, assim aparecerá das próximas vezes, a não ser que o altere.

ID Ordem

Equipamento:

Localização Funcional:

Causas:

Breakdown indicator

Comentário operador:

Requisição Material

Adicionar técnicos

Documentação equipamento

Técnico(s) na ordem:

Work center:

Iniciar Ordem

Editar ordem

Volte ao Menu

Encerrar ordem

Ajuda?

Figura 35 - Ordem

Ao entrar na ordem, esta será a informação que lhe aparecerá: um primeiro quadrado com dados que o operador registou quando criou a notificação para aquela ordem (informação como equipamento, localização funcional, causas, se é um *breakdown* ou não e um possível comentário).

O técnico que entrar e clicar “Iniciar ordem” ficará automaticamente ligado à ordem, assim como o seu centro de trabalho. Se necessário, pode editar a ordem e quando terminada a intervenção pode encerrar.

Na ordem terá opções ao lado que podem ser úteis durante a intervenção:

- Requisição Material (botão para a opção de requisição de material, caso seja necessário durante a intervenção);
- Adicionar técnico (botão para a opção de chamar apoio de outro(s) técnico(s));
- Documentação Equipamento (esta opção permite-lhe consultar documentação de suporte, para a intervenção como lista de peças do equipamento, esquemas, entre outros).

Para além disso, em qualquer momento pode sempre voltar ao menu principal e, caso queira voltar atrás, é só fechar a janela onde está, no momento. Existe também um botão para o caso de precisar de ajuda, que dá algumas dicas sobre a forma a ajudar a perceber e navegar entre as opções do *tablet*.

No caso de clicar na opção “Adicionar técnico”, como está dentro da ordem é só preencher o nome do técnico que veio ajudar e associar à ordem de trabalho a que pertence, assim como o motivo do apoio. Em suma, é um pedido no sistema para que algum técnico vá ajudar. Nesse caso pode só preencher o nome do centro de trabalho e motivo de apoio, de forma a saber-se que é necessário ajuda e a pessoa mais oportuna e disponível para poder responder ao mesmo.

No caso do técnico querer fazer uma requisição, ao clicar nessa opção aparecerá o ecrã

Técnico

Técnico(s)

Work Center:

Motivo de apoio:

Editar Volte ao Menu Fechar ordem Ajuda?

Figura 36 - Requisição técnico auxiliar



como na Figura 36. Nesta opção pode ver as requisições que já foram feitas em lista de requisições, pode consultar a documentação do equipamento para, por exemplo, procurar alguma referência de peça ou fazer mais de que uma requisição, clicando no que está designado como nova requisição.

Para realizar a requisição, deve preencher os campos designados como material, quantidade, equipamento, *work center*, localização funcional, se é uma avaria do tipo *breakdown* ou não e, opcionalmente, um comentário. Algumas destas informações serão automáticas.

The screenshot shows a web-based form titled 'Adicionar material'. At the top right, there is a label 'Horas'. The form contains several input fields: 'Material:', 'Quantidade:', 'Equipamento:', 'Work center:', 'Localização Funcional:', 'Breakdown indicator' (with a right-pointing arrow and the text 'Breakdown'), and 'Comentário:'. To the right of these fields are three stacked blue buttons: 'Lista requisições', 'Nova requisição', and 'Documentação equipamento'. At the bottom of the form are four buttons: 'Editar requisição', 'Volte ao Menu', 'Fechar requisição', and 'Ajuda?'.

Figura 37 - Adicionar material

Ao carregar na opção Documentação Equipamento, caso seja pelo menu principal, deve inserir o equipamento para o qual procura a documentação. Caso entre por uma ordem, essa informação será preenchida de forma automática.

Terá acesso aos três tipos de documentação que poderá precisar para pedir material ou auxiliar na intervenção de manutenção:

- BOM material do equipamento (lista das peças do equipamento e quantidades);
- Lista spare parts do equipamento (lista de peças em armazém para aquele equipamento);
- Documentação técnica.

Documentação

Horas

Nº equipamento:

BOM material

Lista spare parts

Documentação técnica

Editar requisição

Volte ao Menu

Fechar requisição

Ajuda?

Figura 38 - Documentação

No caso de seleccionar BOM de Material surgirá uma lista do material, código, local na máquina, entre outras informações que possam ser relevantes. Estarão do lado direito dois botões, um com a possibilidade de ver o desenho da peça (caso dessa haja um desenho disponível) ou de requisição do material.

BOM of Material

Horas

(Nº equipamento)

Descrição	Código	Local				

Ver desenho

Requisição

Editar requisição

Volte ao Menu

Fechar requisição

Ajuda?

Figura 39 - BOM material do equipamento

No caso de optar por ver a lista de spare parts, aparecerá a informação num formato idêntico, mas relativo a *spare parts*.

Lista Spare parts

Horas

(Nº equipamento)

Descrição	Código	Local				

Ver desenho

Requisição

Editar requisição

Volte ao Menu

Fechar requisição

Ajuda?

Figura 40 - Lista spare parts

Relativamente à documentação técnica, existirão as opções de esquema elétrico, pneumático, hidráulico, que serão possíveis de selecionar caso estejam disponíveis para aquele equipamento.

E outros onde poderá conter outros documentos que foram carregados relativos àquele equipamento.

Documentação Técnica

Horas

Nº equipamento:

Esquema elétrico

Esquema pneumático

Esquema hidráulico

Outros

Volte ao Menu

Ajuda?

Figura 41 - Documentação técnica

De seguida, ao fazer busca, por exemplo, no botão “Esquema elétrico” surgirão os pdfs para possível consulta.

Documentação Técnica

Horas

Nº equipamento: X

Esquema elétrico

PDF 1

PDF 2

Volte ao Menu

Ajuda?

Figura 42 - Documentação técnica ( exemplo PDFs para esquema elétrico)

A opção designada como lista de requisições surge com uma lista dos componentes que já foram requisitados, caso o técnico precise consultar.

Lista Requisições

Horas

(Nº equipamento)

Descrição	Código	Local	...	...
Anilha	X			
Parafuso	Y			

Editar lista

Volte ao Menu

Fechar

Ajuda?

Figura 43 - Lista requisições

No caso de ser uma manutenção preventiva, o técnico poderá consultar o plano com a respetiva lista de tarefas, material, se necessário, e a quantidade associada, tempo por tarefa e outros comentários deixados pelo responsável pelo plano de trabalho. Na mesma janela terá acesso direto à requisição de material, caso precise, a chamar técnicos, bem como à documentação do equipamento ou até ao histórico de manutenções.

Plano Manutenção Preventiva

Horas

Equipamento:

Tarefa	Material	Quantidade	Tempo			

Comentário:

Requisição

Adicionar técnicos

Documentação equipamento

Histórico

Editar plano

Volte ao Menu

Fechar plano

Ajuda?

Figura 44 - Plano manutenção preventiva

Ao clicar em encerrar a ordem surgirá uma janela para colocar o tempo que esteve na intervenção e comentários se o técnico achar pertinente.

Como se vê pelas figuras, em qualquer altura, pode-se voltar ao menu inicial, editar, fechar ou clicar na opção designada como ajuda, que dará informação, como se ilustra nesta última figura.

Técnico(s)

Automático

Tempo na intervenção:

Obrigatório

Comentários:

Editar

Volte ao Menu

Fechar ordem

Ajuda?

Esta opção serve para encerrar a ordem. Para isso deve preencher o campo obrigatório ( tempo na intervenção) e poderá adicionar comentários se quiser. Caso não pretenda editar ou fechar e voltar à página anterior clique nos botões abaixo.

Figura 45 - Opção ajuda

### 3.5. Visão geral do projeto e exemplo de aplicação no dia a dia

Com a implementação do SAP PM e a instalação de sensores que remetem para a base de dados ligados ao SAP, juntamente com a solução *tablet solution*, a manutenção avança de forma inteligente 4.0,. Com um sistema de suporte (SAP PM), centralizado, mais completo e prático, passam a existir melhorias a nível de processo, como com a aplicação de sensores. As manutenções são mais produtivas, focalizadas no trabalho e desgaste. Importante é ainda a implementação de uma solução de mobilidade – *tablet solution* – que permitirá agilizar todo o processo, otimizando-o e dando-lhe mais tempo para se focar realmente nas manutenções.

De forma a percebermos melhor o *flow* possível do uso desta interligação inteligente (sensores da *Smart Press* – SAP PM – *Tablet Solution*) ,apresentam-se algumas funções importantes a realizar diariamente.

De seguida, descrevem-se algumas das funcionalidades que esta forma de trabalhar permite:

- Técnico consegue aceder a toda a informação da máquina através do dispositivo;
- Recebe a informação e atualiza o status da máquina em tempo real;
- Em caso de problema, o técnico e gestor recebem logo a informação do problema e de preferência em que zona da máquina;
- Técnico consegue aceder à estrutura da máquina, histórico de problemas e resoluções, outros dados que a máquina dê e sejam relevantes;
- MAZE (armazém que tem componentes para usar nas intervenções de manutenção, como referido na introdução do projeto) através da aplicação vê o que o técnico precisa de componentes para a máquina;
- No caso de intervenção planeada o gestor recebe a notificação para confirmar a data ou reagendar e posteriormente o técnico recebe informação da manutenção planeada.

Através destas funções da aplicação, esperam-se as seguintes melhorias:

- Maior rapidez;
- Maior disponibilidade de informação;
- Melhor aplicação e eficiência dos recursos;
- Maior interligação entre todos os elementos;
- Mais fácil e eficaz planeamento de intervenções (devido à informação recebida da máquina);
- Informação para todos os intervenientes do processo em tempo real;
- Informação centralizada, não contraditória e atualizada.

As intervenções planeadas com base nos dados fornecidos pela máquina permitem poupar tempo e dinheiro, evitando, naturalmente, paragens não planeadas. Gera-se um movimento de melhor *performance*, com resoluções de avarias mais céleres, diminuindo certamente os custos.







# **4.Etapas Futuras e Sugestões de melhoria**

---

## 4 Etapas Futuras e Sugestões de melhoria

### 4.1 *Smart Press*

Dado que a organização possui informação sobre os problemas relacionados com a prensa, e quais as possíveis soluções associadas a esta, as próximas etapas consistem em procurar, no mercado, diferentes ofertas de sensores a aplicar no projeto piloto, de forma a averiguar as que melhor se adequam ao resultado final desejado, considerando o que será mais benéfico para a organização e a sua visão de futuro, tendo em conta sempre o investimento necessário e potencial retorno – para, futuramente, se replicar o processo em todas as restantes maquinarias.

Para além da procura no mercado do que melhor corresponde ao pretendido e posterior decisão da organização, outro importante *next step* será definir as possíveis soluções de arquitetura e conceito para implementação do *Smart Press*.

Por seu turno, decisão relativa ao destino dos dados fornecidos pelos sensores (se estes dados irão para uma base de dados intermédia isolada e completa, que apenas necessite de um servidor e o SAP, apenas recebe dados ao atingir determinados valores para lançar as notificações ou se os dados são enviados diretamente para o SAP), entre outras opções de arquitetura. Todas estas deliberações terão de ser estudadas, com elementos da equipa de informática, de forma a ajustar da melhor forma com a solução encontrada no mercado.

Assim, este conjunto de ações inerentes ao projeto *Smart Press* permitirão a passagem para uma Manutenção em função do número de pancadas (mais otimizada e rentável), a redução de custos de Manutenção, melhoria de OEE e a redução dos danos causados nas ferramentas (fonte de despesa monetária significativa).

Importa mencionar que este tipo de sistemas ou equipamentos de supervisão eletrónica, dentro do conceito de manutenção preditiva (nomeadamente os sensores) tornam possível captar determinados sinais de alerta que, devido à sua natureza, frequentemente não são perceptíveis pelos operadores. Assim, o sistema eletrónico consegue captar e sinalizar estes “sintomas”, dando a possibilidade ao operador mecânico de tomar conhecimento relativamente ao potencial ou existente problema, antes de ocorrer alguma paragem.

Por fim, é de extrema relevância considerar que, tal como foi mencionado, o processo de implementação definido para esta prensa é replicável nas restantes, podendo mesmo ser aplicado noutras máquinas (que não prensas). Os maiores fatores de variação são relativos ao tipo de informação que é necessário controlar para a manutenção e nos diferentes modos de controlar essa informação.

O processo de recolha de dados, a análise e estudo destes dados, a base de dados a comunicar com o SAP, o modo de funcionamento da recolha de dados, a necessidade de definição de intervalo de valores e o lançamento de notificações, entre outros, são processos idênticos. Deste modo, ao implementar este projeto piloto, obtém-se todo um conhecimento, método e estrutura preparada para facilitar e agilizar os próximos projetos neste âmbito (mesmo aplicando a outro tipo de máquinas).

No futuro, adicionalmente aos fatores que já foram definidos para se medir, analisar e implementar, seria interessante estender este processo para a análise de outros parâmetros relevantes, que ajudem a verificar o estado da prensa e /ou ferramenta (como dados de vibrações e óleos, por exemplo).

Seria também vantajoso e de significativa utilidade realizar *data science*, de forma a procurar concluir sobre relações causa / efeito (exemplificando uma aplicação deste método, a uma determinada ferramenta, quando o valor de óleo se encontra acima de y e as vibrações acima de x, originar-se-ia o problema w, sendo por isso necessária a operação e manutenção Z).

Tal objetivo poder-se-ia alcançar utilizando, por exemplo, redes neuronais, uma vez que estas têm sido utilizadas com sucesso para resolver problemas de previsão, conseguindo capturar relações funcionais complexas (lineares ou não) subjacentes nas observações de séries temporais, através da análise de um conjunto de dados num período de tempo.

Uma vez que, inicialmente, só será necessário contabilizar e analisar um fator, não se justifica considerar a utilização de redes neuronais, mas será, com certeza, uma possível etapa a encarar posteriormente, aquando de uma recolha de dados de diferentes fatores que seja interessante relacionar entre si, de forma a ter um maior conhecimento do impacto de cada fator (espessura da peça, pancadas, entre outros) e das diferentes conjugações entre eles, permitindo ajustar da melhor forma as manutenções.

#### 4.2 Projeto SAP PM e *Tablet Solution*

Relativamente ao projeto SAM PM e *Tablet Solution*, as etapas seguintes serão a fase de teste (relativa ao plano de testes construído) e, consequentes ajustes do sistema, seguindo-se o trabalho mais técnico de construção do sistema final por parte de elementos da equipa de informática.

Será necessário, também, construir uma solução provisória de *Tablet Solution* (baseada na *interface* original do SAP) para, posteriormente, se melhorar e evoluir esta solução inicial de forma a obter uma *interface* mais *user friendly*, indo de encontro à sugestão apresentada (explicitada no tópico anterior).

Após o sistema e solução *Tablet Solution* se encontrarem prontos para implementação, seguir-se-á uma fase de formação, direcionada aos colaboradores e fornecedores que irão trabalhar com estas ferramentas.

Simultaneamente, existirá o fornecimento ao sistema de outros fatores, dados e informações ao longo do tempo, à medida que exista a necessidade para tal, assim como ajustes, uma vez que apesar de todo o planeamento que existiu no que se refere às diferentes possibilidades relativas ao sistema, é sempre possível surgirem diferentes e inesperadas questões que o sistema precise de passar a considerar e colmatar.

Importante referir que todo este conhecimento e sistema já testado será, posteriormente, aplicado a outras fábricas do grupo.

Adicionalmente às etapas seguintes já abordadas, sugere-se o esforço para não só no *Tablet solution* como para o uso em geral do SAP se pense em soluções de forma a ter uma *interface* cada vez mais *friendly* para os utilizadores, e assim facilitar a sua utilização e se tire o maior proveito possível das suas funcionalidades.

Uma vez que cada vez mais áreas da empresa têm SAP, é importante e sugere-se que se aproveite esta transformação para se cruzar dados de forma ter indicadores importantes cada vez mais fiáveis. Por exemplo para o cálculo do indicador de OEE, são importantes dados de produção e manutenção. Hoje em dia os cálculos são feitos em folhas Excel, ao implementar este sistema e interligando com o SAP na produção poder-se-á calcular este e outros indicadores de forma mais fiável, se se optar por usar essa potencialidade do sistema para melhorar.

Com a introdução da indústria 4.0, surge a oportunidade de usar o sistema SAP para elaborar relatórios, que assuma como relevantes e até mesmo tomar decisões, dependendo dos objetivos da empresa, necessidade, retorno e da forma como este é pensado e programado.

Assim, espera-se que a empresa tire o maior proveito de todas as funcionalidades que o sistema pode proporcionar de forma a contribuir para a organização.





# **5. Conclusão**

---

## 5. Conclusão

### 5.1. Reflexão sobre o projeto

A possibilidade de personalização que se constata através da análise dos diferentes projetos é bastante pertinente. Em todos os projetos apresentados (*Smart Press* para aplicar indústria 4.0 na manutenção, o SAP PM - para tornar o sistema de informação da manutenção integrado e o *Tablet Solution* - para dar uma solução de mobilidade do sistema aos técnicos mais prática) não se procura uma solução já finalizada, mas sim investe-se na adaptação dos diferentes sistemas e projetos às necessidades específicas da empresa e da área – o que se torna num processo mais dispendioso, todavia, também, o que dará maior retorno futuramente.

Para esta adaptação e personalização ser possível, é necessário existir uma equipa qualificada, com possibilidade de despendar tempo para este tipo de projetos, que não são o urgente do seu trabalho, mas, no entanto, são essenciais. Algo também fundamental nestes projetos, para que todos esses recursos sejam fornecidos e apoiados, é a envolvimento da gestão de topo e o apoio desta para que as equipas se possam dedicar.

Adicionalmente relevante refletir que, no caso de optar por sistemas já finalizados pode-se criar uma certa dependência relativamente à empresa que os desenvolveu, e não é planeado pelos “*standards*” da empresa onde vai ser aplicado. Uma vez que se estão a criar, nestes projetos, soluções piloto para aplicar em outras fábricas do grupo, o investimento nestes recursos terá um retorno para o grupo em si e não apenas a fábrica específica.

Deste modo, é mais vantajoso, ao iniciar estes projetos, existir, à partida, uma ajuste e personalização às necessidades do grupo, criando uma solução central e que no futuro permita uma troca de experiências, conhecimento e tornando possível trabalhar nas melhorias com pessoas das diferentes organizações do grupo e com muito mais conhecimento sobre estas soluções, uma vez que o próprio grupo as analisou profundamente e definiu.

Apesar das variadas vantagens apresentadas, inicialmente poderá existir um fator de desvantagem relacionado com o tempo elevado de construção e implementação de soluções (especialmente quando comparado com a implementação de uma solução pré-concebida). Também as soluções pré-concebidas relativas ao projeto *Tablet Solution* tendem a ser mais *user friendly* que as desenvolvidas, internamente, de raiz. No entanto, e apesar destas duas desvantagens, ao longo do tempo a organização, ao seguir a estratégia de desenvolvimento e implementação de uma solução personalizada para a empresa, poderá melhorar o seu desempenho e atingir não só as vantagens obtidas por sistemas pré-definidos, como outras vantagens específicas de um sistema personalizado.

A forma inteligente de trabalho que está a ser construída através destes projetos acompanha a tendência mais evoluída de Indústria 4.0. O facto de ser uma empresa de grande dimensão, permite ter acesso a recursos que se tornam restritos para outras empresas menores, pela questão do investimento necessário e a elevada exigência de tempo e conhecimento das equipas.

Acresce que por ser uma grande empresa torna a coordenação das pessoas das diferentes áreas mais desafiante. Logo, o processo acaba por não ser tão otimizado na sua fase de desenvolvimento (comparativamente a uma organização mais pequena) pois é necessário passar por diferentes níveis e equipas em todo o processo – o que numa empresa pequena poder-se-ia conseguir de forma mais rápida e com uma coordenação mais simples do que numa grande empresa.



## 5.2. Dificuldades encontradas

No que se refere a dificuldades dos projetos, adicionalmente, às inerentes aos tópicos nos parágrafos anteriores apresentados, reconhecem-se outras relacionadas com a gestão de expectativas das pessoas em geral envolvidas, uma vez que, apesar destes projetos permitirem evoluir processos e possibilitar ações adicionais ou simplificar ações existentes, para que tudo isso seja possível, e especialmente, tendo em conta que não são soluções já completamente prontas no mercado, existe uma grande necessidade de disponibilidade de recursos (tempo, dinheiro, conhecimentos).

Além disso, de forma a conseguir alcançar os resultados previstos, é necessário não só desenvolver sistemas de raiz, mas também alimentar este sistema numa base regular, sendo preciso desempenhar tarefas adicionais no quotidiano dos colaboradores que anteriormente não eram exigidas.

Assim, é inevitável gerir as expectativas dos colaboradores envolvidos, quer a nível de possibilidade de funcionalidades do sistema, quer a nível de deveres e tarefas adicionais que o sistema implicará (tanto o seu desenvolvimento e implementação, como a sua manutenção e manuseamento, numa base diária).

Outro desafio existente, relativamente aos recursos humanos, está relacionado com a resistência a algo novo, uma vez que implementar novos projetos implica voltar a aprender a trabalhar com diferentes ferramentas e até métodos de trabalho, em determinados casos. Implica, também, a existência de formações e um processo de adaptação de todos os envolvidos.

No caso do projeto *Smart Press*, este é particularmente desafiante devido ao facto de ser o primeiro – o piloto – o que exige que exista uma ponderação relativa não apenas à verificação dos problemas e das funcionalidades necessárias, mas também à criação de toda a estrutura e método para, posteriormente, ser replicável. Adicionalmente, como o ponto de partida baseia-se numa base de informação num sistema disperso, com algumas incongruências (falha essa que o SAP PM irá, futuramente, colmatar), existiu a necessidade de um esforço acrescido de forma a perceber as informações, as suas origens e a sua fiabilidade, de forma a conseguir analisar essas mesmas informações e criar boas bases para o projeto.

Outra questão relativa a este projeto encontra-se relacionada com a possibilidade de perda de foco na Manutenção – existindo bastantes possibilidades com este tipo de metodologia e tecnologia, envolvendo diferentes áreas, torna-se importante existir uma atenção focada ao máximo na Manutenção e uma abstração relativamente aos outros assuntos, concentrando, assim, os esforços no cumprimento dos objetivos principais definidos, inicialmente, e não na expansão prematura do projeto.

Existe, ainda, a dificuldade em manter a capacidade de análise relativamente ao que compensa (ou não) fazer, de forma a existir uma utilização responsável e o mais otimizada possível de todos os recursos disponíveis. Exemplificando, nos projetos SAP PM e *Tablet Solution* torna-se possível construir formas de trabalho para recolher o maior número de dados, geri-los e analisá-los. No entanto, nem sempre o tempo e/ou esforço que é necessário pelos operadores para que todas estas atividades sejam realizadas compensaria a sua implementação. Deste modo, uma das dificuldades identificadas prende-se com a necessidade de não dispersar nas possibilidades e manter uma atitude analítica constante de forma a considerar sempre o investimento vs retorno.

### 5.3. Projeto e aspectos positivos

Em relação ao trabalho efetuado no projeto SAP PM, evoluiu-se de um processo anterior com informação dispersa, de consulta não prática, informação repetida ou não concordante para um sistema centralizado, sem informação redundante, previamente analisada, segmentada e analisada, de forma a diminuir a informação que não está atualizada e que permite mais facilmente interligar-se com outros sistemas SAP, já a serem utilizados noutras áreas. Para além disso, permite-nos obter relatórios para avaliação e melhoria de forma mais prática e eficaz.

Outra consequência positiva da realização deste projeto é que passamos a ter um modelo piloto aplicável a outras empresas do grupo.

Fundamental é também referir que, construímos um sistema de suporte à aplicação de indústria 4.0, importante para suportar projetos como *Smart Press* e para servir de base para soluções de mobilidade como o *Tablet Solution*, e que ao aplicá-lo melhorar-se-á o dia a dia de trabalho para todos os trabalhadores. Ao ter a informação centralizada e interligada aumentará a fiabilidade dos dados, os relatórios ajudarão na avaliação e melhoria contínua e, consequentemente, haverá um impacto positivo na produtividade da organização.

Este projeto foi desenvolvido de acordo com um conjunto de etapas e ações inerentes, baseadas nas quatro fases do ciclo SDLC, permitindo seguir um procedimento lógico e realizar uma análise cuidada das necessidades da equipa, de forma a perceber o que incluir na aplicação para continuarem a ter todas as funcionalidades necessárias e que o sistema anterior tinha, acrescentar outras relevantes e construir o sistema de forma a trabalhar para construir a melhor forma de trabalho possível.

De forma a perceber as necessidades da equipa relativas ao sistema, construíram-se fluxogramas das atividades da área, que envolviam o sistema, e procurou-se informação para realizar estes junto de elementos da equipa das diferentes áreas de atuação da mesma, para ter a perspetiva das diferentes equipas e trabalhos dentro da Manutenção. Seguiu-se os requisitos e plano de teste, sempre construídos com as diferentes partes e pessoas, procurando conhecer e colmatar as necessidades da área e construir um sistema que traga vantagens para esta. Ao envolver a equipa espera-se também contribuir para a motivação e compromisso ao usar depois o sistema.

Importante ter em conta que o projeto foi feito desde o início, e que este tipo de projetos envolvem um trabalho extenso, e com uma dificuldade acrescida de se depender de respostas de diferentes elementos de equipa e até áreas para recolher toda a informação necessária, analisar e construir de acordo com o desejado e útil para a equipa, estando também dependente da ocorrência de várias reuniões, dada a relevância do projeto, não só para a área da empresa mas sendo projeto piloto, importante para o grupo em si. Como tal, dada a extensão e o que implica todo o processo, não foi possível dentro do tempo de projeto ver a aplicação prática deste, sendo que a próxima etapa é dependente da equipa de informática para a construção do sistema em si, tendo em conta os requisitos e testes.

Contudo, mesmo após a implementação, importante reiterar que, como qualquer sistema de informação, o sistema deverá ser usado e visto de forma crítica, para que se possa melhorar continuamente, e ajustar-se de acordo com as necessidades que podem alterar-se ao longo do tempo, com a constante evolução da organização.

Em relação ao projeto *Smart Press*, partiu-se da manutenção de um equipamento sem qualquer aplicação de indústria 4.0, e com uma forma de manutenção baseada em períodos de tempo para a construção, desde o início, de uma forma de trabalhar inteligente (com a aplicação de Indústria 4.0) e uma evolução para a manutenção preditiva, ajustado pelo nº de pancadas, através da sensorização.

Neste projeto, um dos grandes desafios foi a busca por informação correta (tendo em conta o sistema de informação atual) e, à semelhança do SAP PM, o desafio na recolha de informação junto dos técnicos e responsáveis e realização de reuniões, tendo em conta que é uma área de constante trabalho urgente e prioritário de forma a não parar a produção, assim como a seleção do que priorizar para selecionar como primeiras etapas para a construção de um trabalho inteligente.

Assim, apesar de não haver possibilidade, por questões da *timeline* do projeto, para ver a seleção de equipamento feito pelos responsáveis, após todo o trabalho construído até essa etapa e visão trabalhada, de como tudo funcionará, de forma interligada no ano futuro, foram realizados todos os esforços e preparações até à fase da decisão final.

De uma forma geral, ao comparar os objetivos definidos inicialmente, com o *output* final obtido, verifica-se o cumprimento dos mesmos, uma vez que a perspetiva da própria organização era chegar até estas etapas e não já ter implementados os projetos, dado o conhecimento do trabalho extenso que envolve.



## **6. Bibliografia**

---

## 6. Bibliografia

Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V., & Stürmlinger, T. (2016). Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems. *Procedia CIRP*, 52, 262-267.

Anthony, R. N. (1965). *Planning and control systems a framework for analysis*. Boston: Harvard University Press.

Azevedo, Carlos; Serdeira, Paula - Os ERP's (Enterprise Resource Planning) como soluções integradas para a Indústria da Hotelaria e Turismo, «Sistemas de Informação», 14, 2001, p. 7-13

Bardey, D., Riane, F., Artiba, A., & Eeckhoudt, L. (2005). To maintain or not to maintain? What should a risk averse decision maker do? *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 11(2), 115-120.

Blischke, W. R., & Murthy, D. P. N. (Eds.). (2003). *Case studies in reliability and maintenance*. New York, NY, United States: Wiley-Interscience.

Booty, F., Wustemann, L., Taylor, C., & Benham, A. (2003). *Facilities management handbook* (2nd ed.). London: Butterworth-Heinemann.

Cabral, J. P. S. (2009). *Gestão da manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*. LIDEL.

Caldeira, J. (2012). 100 Indicadores de Gestão Key Performance Indicators. Actual. Campos, J. (2016). Managing the information systems in the Indústria I domain. *Cogent Business & Management*, 3(1).

Capella, J. V., Perles, À, Martínez, J. M., Hassan, H., Domínguez, C., & Albaladejo, J. (2012). Ubiquitous E-Maintenance Proposal Based on the Integration of Mobile Devices and Cloud Computing. *Advanced Science Letters*, 18(1), 121-131.

Cortois, A., Martin, B., & Pillet, M. (2007). *Gestão da Produção*. LIDEL.

Dennis, A., Wixom, B.H. e Roth, R. M. (2012) *Systems Analysis & Design*, 5th ed. John Wiley & Sons, New Jersey.

Dimla, D. E. (2000). Sensor signals for tool-wear monitoring in metal cutting operations—a review of methods. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40(8), 1073-1098.

Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (1999). *Planning and control of maintenance systems: Modeling and analysis*. New York: Wiley, John & Sons.

Ferreira, L. A. (1998). *Uma Introdução à manutenção*. Porto: PublIndústria, Edições Técnicas, 1998. Porto: PublIndústria, Edições Técnicas.

Ferreira, R., & Seruca, I. (2013). A Ciência da Web: oportunidades de investigação. In *Atas da 13.ª Conferência Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (CAPSI 2013)*, Évora, Portugal, 4-5 Out.2013 (pp. 13-31).

Hansen, R. C. (2005). *Overall equipment effectiveness: A powerful production/maintenance tool for increased profits*. New York, NY: Indústria I Press Inc., U.S.

J. Burek, R. Babiarz, Adaptive control of plunge grinding process using acoustic emission, in: *Proceedings of the V International Conference on Monitoring and Automatic Supervision in Manufacturing, AC'98*, 1998, pp. 41–44.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Acatech - National Academy of Science and Engineering.

Kans, M., & Ingwald, A. (2016). Business Model Development Towards Service Management 4.0. *Procedia CIRP*, 47, 489-494.

Kinzel, H. (2016). Industry 4.0 – Where does this leave the Human Factor? 27th Annual Conference of Human Dignity and Humiliation Studies. Dubrovnik, Croácia.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.

Lopes, Vasco Manuel - Implementação de um Sistema ERP numa PME, Aveiro: Universidade de Aveiro, 2003.

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.

Lyonnet, P. (1991). *Maintenance Planning – Methods and Mathematics*. London: Chapman & Hall.

Marcorin, W. R., & Lima, C. R. C. (2003). Análise dos Custos de manutenção e de Não manutenção de Equipamentos Produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*

Miorandi, D., Sicari, S., Pellegrini, F. D., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.

Monchy, F. (1989). *A Função manutenção - Formação para a gerência da manutenção Indústria I*. Ebras/Durban.

Mzahm, A. M., Ahmad, M. S., & Tang, A. Y. (2013). Agents of Things (AoT): An intelligent operational concept of the Internet of Things (IoT). 2013 13th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications.

Nakagawa, T. (1980). Mean Time to Failure with Preventive Maintenance. *IEEE Transactions on Reliability*, R-29(4), 341-341.

Nakajima, S. (1998). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.

Palazzo, V.B; Yoo, S.T; Gozzi.S.; Fedichina,M.A.H.Sistemas ERP: Análise das vantagens e desvantagens para a decisão de implementação. In: *Seminários em Administração*,9.,2006.

Palmeira, J. N., & Tenório, F. G. (2002). *Flexibilização Organizacional - aplicação de um modelo de produtividade total*. FGV.

Pinto, A. K., & Nascif, J. (2001). *manutenção - função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Pinto, V. M. (1994). *Gestão da manutenção*. IAPMEI - Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento.

Pintzos, G., Rentzos, L., Papakostas, N., & Chrysosolouris, G. (2014). A Novel Approach for the Combined Use of AR Goggles and Mobile Devices as Communication Tools on the Shopfloor. *Procedia CIRP*, 25, 132-137.

Rosiński, A. (2012). Maintenance Strategy Maximising Availability Rate. *Archives of Transport*, 24(4).

Rosiński, A. (2012). Maintenance Strategy Maximising Availability Rate. *Archives of Transport*, 24(4).

Silva, A., Videira, C. (2001), *UML, Metodologias e Ferramentas CASE*

Snell, S. A., & Dean, J. W. (1992). Integrated Manufacturing And Human Resource Management: A Human Capital Perspective. *Academy of Management Journal*, 35(3), 467-504.

Stevenson, W. (2017). *operations management*. 1st ed. [s.l.]: McGraw-Hill Education.

Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações Lean: metodologias kaizen para a melhoria contínua*. LeanOP Press.

Teixeira, L., Ferreira, C. and Santos, B. (2004). Uma Abordagem ao Processo de Desenvolvimento dos Sistemas de Informação: cuidados a ter ao longo do processo no caso dos SI's tradicionais e SI's distribuídos na Web. *Sistemas, cibernética e informática*

Trappey, A. J., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Chuang, A. C., & Sun, J. J. (2016). A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*.

Upasani, K., Bakshi, M., Pandhare, V., & Lad, B. K. (2017). Distributed maintenance planning in manufacturing industries. *Computers & Industrial Engineering*, 108, 1-14.

Valaich, Joseph S., George, Joey F., Hoffer, Jeffrey A., (2012). *Essentials of Systems Analysis and Design*, 5th Edition. Pearson Education, Inc, United States of America.

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1)

Wireman, T. (2005). *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. Indústria I Press.

Xenos, H. G. (1998). *Gerenciando a manutenção Produtiva*. Belo Horizonte: EDG.

Yang, C., Shen, w. and Wang, X. (2016). Application of internet of things in manufacturing.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8-12.







# **7. Webgrafia**

## 7. Webgrafia

Bosch Portugal (2016). Bosch Termotecnologia cresce 7 por cento. [imagem] Disponível em: [http://www.bosch.pt/pt/pt/newsroom\\_11/news\\_10/news-detail-page\\_84224.php](http://www.bosch.pt/pt/pt/newsroom_11/news_10/news-detail-page_84224.php) [Acedido a 10 Mar. 2017].

Bosch Today. (2016). [ebook] Bosch. Disponível em: [https://assets.bosch.com/media/global/bosch\\_group/our\\_figuras/pdf/bosch-today-2017.pdf](https://assets.bosch.com/media/global/bosch_group/our_figuras/pdf/bosch-today-2017.pdf) [Acedido a 12 Mar. 2017].

Bosch.pt. (2017). A nossa empresa | Bosch Portugal. [online] Disponível em: [http://www.bosch.pt/pt/pt/our\\_company\\_10/our-company-lp.html](http://www.bosch.pt/pt/pt/our_company_10/our-company-lp.html) [Acedido a 10 Mar. 2017].

Bosch.pt. (2017). As nossas marcas | Bosch Portugal. [online] Disponível em: [http://www.bosch.pt/pt/pt/our\\_company\\_10/our\\_brands\\_33/our\\_brands.html](http://www.bosch.pt/pt/pt/our_company_10/our_brands_33/our_brands.html) [Acedido a 12 Mar. 2017].

Bosch.pt. (2017). Os nossos Valores - Pilares para o desenvolvimento | Bosch Portugal. [online] Disponível em: [http://www.bosch.pt/pt/pt/sustainability\\_innovation\\_10/values\\_10/values-landingpage.html](http://www.bosch.pt/pt/pt/sustainability_innovation_10/values_10/values-landingpage.html) [Acedido a 10 Mar. 2017].

Bosch.pt. (2017). Termotecnologia | Bosch Portugal. [online] Disponível em: [http://www.bosch.pt/pt/pt/our\\_company\\_10/business\\_sectors\\_and\\_divisions\\_10/thermotechnology\\_10/thermotechnology.html](http://www.bosch.pt/pt/pt/our_company_10/business_sectors_and_divisions_10/thermotechnology_10/thermotechnology.html) [Acedido a 3 Jul. 2017].

SAP. (2017). Software de gestão - software empresarial - SAP. [online] Disponível em: <https://www.sap.com/portugal/index.html> [Acedido a 3 Jul. 2017].

Vulcano.pt. (2017). Historial. [online] Disponível em: [http://www.vulcano.pt/consumidor/sobre\\_vulcano/historial/historial](http://www.vulcano.pt/consumidor/sobre_vulcano/historial/historial) [Acedido a 12 Mar. 2017]





## **8. Anexos**

---

## 8. Anexos

### Anexo 1: Plano de testes manutenção curativa

Nível do teste	Processo Macro	Subprocesso	Business Scenario	TestCase	Etapas	Descrição	Resultado Esperado
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Notificação	Ordem manutenção	1	Criar uma notificação para manutenção onde peça para indicar: - Equipamento; - Localização Funcional; - Centro de trabalho responsável pela manutenção; - Observações; - Causas; - Indicador de Breakdown[ não selecionado] - Data e hora de notificação	Notificação é criada e não há envio de SMS
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	2	Ordem de trabalho é criada automaticamente	Ordem é criada de forma automática
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	3	Planeador consulta a lista de ordens	Lista de ordens está disponível e atualizada
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	4	Planeador seleciona a ordem na lista de ordens: - Deve ser possível adicionar recursos/ tarefas - Deve ser possível associar material ( de stock ou que necessita de PO)	Entrada na ordem pela lista de ordens Material/ tarefas/ Recursos adicionados
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	5	Técnico faz a manutenção ( a qualquer altura deve poder adicionar recursos)	Recursos adicionados
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	6	Técnico ao entrar na ordem deve ficar registado que é esse técnico que fica associado à ordem	Nome do técnico fica associado à ordem
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	7	O técnico deve ter a possibilidade de parar o trabalho no sistema, se necessário	Paragens na ordem de trabalho devem ser possíveis
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	8	Deve ser possível adicionar documentos à ordem	Documento adicionado
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	9	Durante a manutenção o técnico pode detetar outro tipo de trabalho que tenha que ser feito no equipamento e criar notificação para isso	Notificação criada
Cadeia de processo	Manutenção Não Planeada	Não Breakdown	Ordem manutenção	Ordem manutenção	10	Deve ser possível fechar a ordem. Isso deve ser feito quando o trabalho estiver completo	Ordem fechada



## Anexo 2: Componentes para KITS de intervenção

Descrição de ordens de trabalho programadas	Frequência (dias)	Componente	Código do componente	Quantidade	Unidade de medida
Revisão Mecânica Braço	720	Veio MY135DP2 P.14	7181802351	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.10	7181802352	3	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.4	7181802353	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.5	7181802354	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.6	7181802355	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.7	7181802356	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.8	7181802357	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.9	7181802358	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.10	7181802359	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.11	7181802360	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Veio MY156DP2 P.12	7181802361	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6005	7181802362	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6007	7181802363	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 5007	7181802364	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 5008	7181802365	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 800	7181802366	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6010	7181802367	4	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6011	7181802368	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6012	7181802369	2	un
Revisão Mecânica Braço	365	Rolamento 6013	7181802370	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X20	7181802371	1	un
Revisão Mecânica Braço	365	Parafuso M6X21	7181802372	1	un

## Anexo 3: BOM MAZE

Código SAP	DESCRIÇÃO	Armazém	Local	Equipamento	Designação equipamento	localização	Secção	Fora Serviço
7181800074	PRESSOST.BOSCH PNEUM TS2-180 0811160171	01	1-19-03-08	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800106	DIST 5/3-G1/4 0820035002 REXROTH	01	1-26-01-20	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800202	VALV. REG PRES.FILTRO NL2 1/4 0821300300	01	1-24-03-01	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800205	GRUPO CONDICON. AR NL4 G1/2 0821300500	01	B7-A-01-8	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800218	REGULADOR PRESSAO NL1 G1/4 0821302736	01	1-24-02-02	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800380	CIL PNE 040H080 A DM 0822341003 REXROTH	01	2-18-01-15	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800486	FILTRO BOS-CH1457430005	01	2-10-01-15	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800570	LIG.RAP.FEMEA 3 ROS-CA EXT.1/2 1823376014	01	1-21-01-19	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800616	RACORD DIREITO 1/4 P/TUBO 6/8 1823391011	01	1-23-03-16	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800686	BUJAO P/AR 1/41823462029	01	1-21-02-16	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800710	SILENCIADOR DE ESCAPE 1/2 1827000003	01	1-21-01-04	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800752	COPO P/ LUBRIFICADOR NL4 1/2 1827009336	01	1-24-02-13	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N
7181800753	COPO P/ LUBRIFICADOR NL4 1/2 1827009337	01	1-24-02-14	885220/006	maquina hidraulica p/expandir	842 sec. nova	842	N

## Anexo 4: Lista de equipamentos

Nº equipamento	Designação	Data de início	Tipo	Fornecedor	Centro de custo
0100000005	Máquina de expandir câmaras de combustão	20060614	EM	x	837842
0100000006	Máquina de expandir câmaras de combustão	20060614	EM	x	837842
0100000007	Máquina lavar c/cesto rotativo Aqua Clean BRC-643	20060622	EM	x	837853
0100000017	Banca ensaio estanquec. aut.água com ar	20060704	EM	x	837871
0100000018	Banca ensaio de estanquecidade de aut.água com ar	20060704	EM	x	837871
0100000019	Sistema de detecção de peças do posto 886241/001	20060704	EM	x	837857
0100000020	Bancada com dispositivos de montagem do kit solar	20060704	EM	x	837881
0100000021	Bancada com dispositivo de montagem do kit solar	20060704	EM	x	837881
0100000022	Conj.de bastidores p/pintura p/espelho kit outdoor	20060705	EM	x	837240
0100000031	Máquina de dobrar tubo MBVA25 SM com mandril	20060801	EM	x	837843
0100000043	Posto de identificação automático de gás compacto	20060914	EM	x	837855
0100000046	Ionizador Aerostat Guardian	20060918	EM	x	837881
0100000047	Ionizador Aerostat Guardian	20060918	EM	x	837872
0100000049	Ionizador Aerostat Guardian	20060918	EM	x	837872
0100000050	Ionizador Aerostat Guardian	20060918	EM	x	837872
0100000051	Ionizador Aerostat Guardian	20060918	EM	x	837873
0100000053	Quadros Andon para divulgação de informação	20060918	EM	x	837851
0100000058	Máquina para lavar tubos vertical FIMEL	20060929	EM	x	837861

## Anexo 5: Lista de ferramentas

Nº equipamento	Designação	Data Fabrico	TIPO	Fornecedor	Centro de custo
SK352DP1	Ferramenta de estampar p/chapa de fecho tubo gás	20070125	FE	x	837242
SN455DP1	Ferramenta de estampar para tampa de cobertura	20070125	FE	x	837242
SN456DP1	Ferram. de estampar p/colector de gases inferior	20070125	FE	x	837242
SN457DP1	Ferram. de estampar p/colector de gases superior	20070125	FE	x	837242
SN458DP1	Ferramenta de estampar para grelha frontal	20070125	FE	x	837242
ST141DP1	Ferramenta de conformação do copo de condensação	20071031	FE	x	837242
ST142DP1	Ferramenta de conformação do copo de condensação	20071031	FE	x	837242
SA250DP1	Ferramenta matrix nº 2 de estampar	20080312	FE	x	837242
SA251DP1	Ferramenta matrix nº 3 de estampar	20080312	FE	x	837242
SK339DP1/2	Conj. ferramentas de abocardamento da serpentina	20060328	FE	x	837842
SK340DP1	Conj. ferramentas de abocardamento da serpentina	20060328	FE	x	837842
SK340DP1/2	Conj. ferramentas de abocardamento da serpentina	20060328	FE	x	837842
SV140DP1	Ferramentas de expansão 14Lts 0.35	20130701	FE	x	837842
SV140DP2	Ferramentas de calibração 14Lts 0.35	20130701	FE	x	837842
BZ279DP1	Conjunto ferramentas conformar cotovelo CLC	20140620	FE	x	837842
BZ277DP1	Conjunto ferramentas expansão cc 18Lts saia 0.35	20130925	FE	x	837842
SN740DP1	Conjunto de ferramentas Spares para maquinaria FP	20130503	FE	x	837851
SY171DP1	Conjuntos Ferramentas de Dobrar da SMI	20130618	FE	x	837842
SN475DP1	Estrutura p/ferramenta de corte de costas Compact	20070223	FE	x	837822

## Anexo 6: Lista planos manutenção

Plano manutenção	Designação	Data da próxima tarefa	Nº Equipamento	TIPO DE ORDEM	CENTRO DE TRABALHO	Planta associada
215i347	Manutenção sistemática	20161008	0400000287	P	471	8370
240e001	Verificação de segurança	20170415	0100001226	P	347E	8370
240e002	Verificação de segurança	20170416	0100001228	P	347E	8370
240e003	Verificação de segurança	20170415	0100001229	P	347E	8370
240e004	Verificação de segurança	20180717	0100001350	P	347E	8370
240e005	Verificação de segurança	20180717	0100001351	P	347E	8370
271e001	Verificação de segurança	20160804	887543/002	P	EXT	8370
272e007	Verificação de segurança	99991231	887472/001	P	EXT	8370
272e008	Verificação de segurança	99991231	887536/001	P	310	8370
272e010	Verificação de segurança	99991231	886638/002	P	EXT	8370
272e011	Verificação de segurança	99991231	887454/001	P	EXT	8370
272e012	Verificação de segurança	99991231	887387/002	P	EXT	8370
272e014	Verificação de segurança	99991231	0700000001	P	EXT	8370
272e015	Verificação de segurança	99991231	887472/002	P	EXT	8370
272e016	Verificação de segurança	99990328	887510/002	P	EXT	8370
272e017	Verificação de segurança	20180318	0100000931	P	347E	8370
272e018	Verificação de segurança	20170228	0800000026	P	347E	8370

## Anexo 7: Lista tarefas por plano de manutenção

Nº Plano	Descrição numérica	Descrição escrita	Nº Equipamento	Tarefas	Tempo (h)	Periodicidade (dias)
291E001	2	Manutenção à rampa de carga	886818/001	Verificar desgastes e ajustes, estado da unidade motriz e funcionamento	0,5	180
291E001	2	Manutenção à rampa de carga	886818/001	Verificar fugas no circuito hidráulico	0,5	180
291E001	2	Manutenção à rampa de carga	886818/001	Limpar e lubrificar pontos com movimento.	0,5	180
291E002	2	Manutenção à rampa de carga	886819/001	Verificar desgastes e ajustes, estado da unidade motriz e funcionamento.	0,2	180
291E002	2	Manutenção à rampa de carga	886819/001	Verificar fugas no circuito hidráulico	0,2	180
291E002	2	Manutenção à rampa de carga	886819/001	Limpar e lubrificar pontos com movimento	0,2	180
291E003	2	Manutenção planeada externa	887072/001	Inspecionar e corrigir se necessário todas funções da máquina	1	365
292E011	2	Manutenção planeada sistemática	0100000583	Verificar fins de curso da porta	0,05	180
292E011	2	Manutenção mecânica	0100000583	Verificar paragem de emergência/ seccionador geral	0,05	180
320E009	2	Manutenção mecânica	887030/021	Desmontar e limpar as turbinas de impulsão de água das bombas da instalação.	0,3	365

## Anexo 8: Requisitos manutenção preventiva

Manutenção Preventiva
Deve ser possível criar planos de manutenção por equipamento ou localização funcional
Deve ser possível ver os planos de manutenção por períodos de tempo, por exemplo anuais
Deve ser possível criar listas de tarefas específicas para um equipamento
Deve ser possível criar listas genéricas para aplicar em diferentes casos
Deve ser possível criar measurement points por equipamento
Deve ser possível obter measurement points de um sistema externo
Deve ser possível fechar/ encerrar a ordem sem ter todas as tarefas do plano realizadas
Deve ser possível distinguir entre ordens completas, parcialmente completas e ordens abertas
Deve ser possível adicionar técnicos se necessário à ordem
Cada ordem seguinte relativa ao mesmo equipamento, só deve surgir caso a anterior tenha sido fechada

## Anexo 9: Requisitos manutenção autónoma

Manutenção Autónoma
Deve ser possível adicionar imagens à manutenção autónoma
Deve ser possível criar listas genéricas para aplicar em diferentes casos
Deve ser possível criar listas de tarefas específicas para um equipamento
Deve ser possível distinguir entre ordens completas, parcialmente completas e ordens abertas
Deve ser possível adicionar técnicos se necessário à ordem
Deve ser possível criar planos de manutenção por equipamento ou localização funcional

## Anexo 10: Requisitos manutenção externa

Manutenção Externa
Devem ser possível adicionados relatórios da intervenção à ordem pelo responsável da área/ responsável pela intervenção
Deve ser possível adicionar os custos internos ( material, custo de tempo técnico interno se for dar suporte ou custo externo relacionado com a ordem)
Deve ser possível ver os planos de manutenção por períodos de tempo, por exemplo anuais
Deve ser possível criar measurement points por equipamento
Deve ser possível distinguir entre ordens completas, parcialmente completas e ordens abertas
Deve ser possível adicionar técnicos se necessário à ordem
Cada próxima ordem relativa à mesma manutenção, só deve surgir caso a anterior tenha sido fechada
Deve ser possível criar measurement points por equipamento
Deve ser possível distinguir entre ordens completas, parcialmente completas e ordens abertas

## Anexo 11: Requisitos reporting

Reporting
Deve ser possível ver indicadores como: MTTR, MWT, MTBF
Notificações abertas por equipamento, localização funcional ou técnico
Ordens abertas por ordem, equipamento, localização funcional ou técnico
Total de custos com possibilidade de filtrar por ordem, equipamento, localização funcional
Tempo e custos planeados relativos à manutenção com possibilidade de filtrar por ordem, equipamento, localização funcional
Duração e número de paragens com possibilidade de filtrar por ordem, equipamento, localização funcional
Falhas num determinado período de tempo com possibilidade de filtrar por ordem, equipamento, localização funcional
Capacidade num período de tempo selecionado por técnico ou ordem de trabalho
Spare-Parts usadas e em que equipamento
Planos de manutenção com possibilidade de filtrar por ordem, equipamento, localização funcional

